

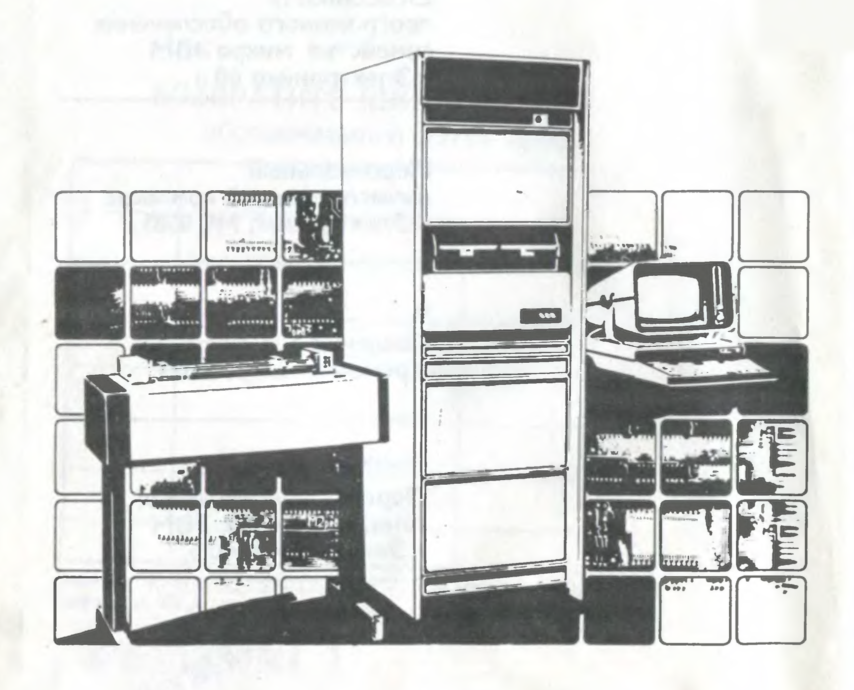
Семейство ЭВМ «Электроника 60»

Семейство ЭВМ «Электроника 60»

МикроЭВМ

В ВОСЬМИ КНИГАХ

Под редакцией
лауреата Государственной премии СССР
члена-корреспондента АН СССР
Л. Н. ПРЕСНУХИНА



Семейство ЭВМ «Электроника 60»

КНИГА 1



Москва «Высшая школа» 1988

ББК 32.973.2
М59
УДК 681.322

Рекомендовано Министерством высшего и среднего специального образования СССР для использования в учебном процессе

И. Л. Талов, А. Н. Соловьев, В. Д. Борисенков

Рецензенты: кафедра «Автоматизированные системы управления» Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана (зав. кафедрой — проф. В. Н. Четвериков); лауреат Государственной премии СССР канд. техн. наук Б. И. Ермолаев (Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники)

МикроЭВМ: В 8 кн.: Практ. пособие/Под ред.
М 59 Л. Н. Преснухина. Кн. 1. Семейство ЭВМ «Электроника 60»/И. Л. Талов, А. Н. Соловьев, В. Д. Борисенков. — М.: Высш. шк., 1988. — 172 с.: ил.

В пособии рассмотрены основные принципы построения семейства микроЭВМ «Электроника 60», проведен анализ особенностей их применения. Последовательно приведены основные компоненты и характеристики различных моделей данного семейства, особенности их программного обеспечения, сведения о диагностике и ремонте, перспективы развития.

М $\frac{2405000000-052}{001(01)-88}$ 145—88

ББК 32.973.2
6Ф7.3

Предисловие

Настоящая книга открывает серию пособий «МикроЭВМ». В этой серии систематизированно излагаются сведения, необходимые студентам технических вузов, специализирующимся в области электронной вычислительной техники и автоматизированных систем управления.

Бурное развитие микроэлектронной промышленности в нашей стране обеспечило основу для широкого внедрения электроники во все отрасли народного хозяйства.

Вопросы, связанные с использованием микросхем и микропроцессоров при создании элементов автоматики и вычислительной техники, были подробно рассмотрены в учебном пособии «Микропроцессоры» в 9 книгах (Высшая школа, 1984) и учебнике того же названия в 3 книгах (Высшая школа, 1986).

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются разнообразные конструктивно законченные микроЭВМ, созданные на базе микропроцессорных наборов интегральных схем. Систематизировать основные разработки по микроЭВМ, дать их параметры и области применения — цель настоящей серии.

В первой книге, написанной И. Л. Таловым, А. Н. Соловьевым, В. Д. Борисенковым, изложены основные материалы по широко известному семейству микроЭВМ, родоначальником которой была «Электроника 60»; рассмотрены принципы организации и основные характеристики комплексов, в основу которых положена машина «Электроника 60-1», а также персональный вычислительный комплекс «Электроника МС 0585»; приведены особенности программного обеспечения этих машин, их диагностика и ремонт; освещены области применения и направления развития этого семейства микроЭВМ.

Во второй книге, написанной А. А. Поповым, А. А. Шишкевичем и В. С. Кокориным, приведены материалы по распространенным персональным ЭВМ серии ДВК (диалоговые вычислительные комплексы); рассмотрены архитектура и схемотехника базовой микроЭВМ, а также составы комплексов ДВК-1, ДВК-2 и ДВК-3; описаны системное программное обеспечение и возможные области применения персональных микроЭВМ.

В третьей книге, написанной А. В. Кобылинским, А. В. Горячевым, Н. Г. Сабадаш и В. В. Проценко, описан одноплатный программируемый контроллер К1-20, на базе которого строятся различного рода цифровые управляющие системы промышленного назначения. На единой архитектурной и схемотехнической основе с указанным контроллером созданы и персональные ЭВМ, которые успешно используются как рабочие места программистов, занимающихся отладкой математического обеспечения управляющих систем на базе К1-20, приведены перспективные направления построения программируемых управляющих контроллеров, в том числе на базе однокристальных микроЭВМ К1816.

В четвертой книге, написанной Ю. Е. Чичериным, рассмотрена одна из управляющих систем, широко распространенных в машиностроительной промышленности металлорежущих станков с числовым программным управлением, автоматических обрабатывающих центров и гибких автоматизированных производств на их основе. В нее входят микропроцессорная система «Электроника НЦ-31» и многомашинная система «Электроника МС 2101», построенные на основе микропроцессорных комплектов серий К588 и К1801; рассмотрены основные характеристики и схемотехнические решения центральных процессоров и микропроцессорных функциональных модулей, принципы их объединения и связей с внешними устройствами. Приведены конструктивные решения основных блоков системы.

В пятой книге, написанной Г. П. Лопато, В. Н. Тикменовым, В. Я. Пыхтиным и М. Е. Неменманом, приведены материалы по базовой машине семейства ЕС 1840 и ее модификациям, реализующим функциональные возможности ЭВМ единой серии; рассмотрены элементная база, используемая при создании базовой машины, особенности построения семейства персонально-профессиональных ЭВМ; описаны архитектура и принципы

работы; проанализированы основные технические и конструктивные характеристики ЭВМ ЕС 1840; приведены основы и структура программного обеспечения, сведения о системе команд, языках программирования и пакетах прикладных программ; описаны периферийные устройства, модули профессиональной ориентации; рассмотрены примеры возможного применения и перспективы развития и совершенствования семейства ПП ЭВМ единой серии.

В шестой книге, написанной Н. Д. Кабановым, Д. И. Панфиловым, В. С. Кравченко и А. Н. Шкамарда, кратко рассмотрены элементная база и схемотехнические решения, показаны архитектурные особенности построения микроЭВМ на основе микропроцессорных комплектов серии КР580 и К1810; описаны структура базовых модулей (центрального процессора, контроллера гибких дисков, системного контроллера, модуля ОЗУ и др.), периферийные устройства и устройства внешней памяти микроЭВМ; рассмотрены вопросы организации обмена информацией между элементами системы; приведено программное обеспечение данного семейства машин; дана информация о построении информационно-измерительных и управляющих комплексов на базе ЭВМ СМ 1800 и СМ 1810; рассмотрены микроЭВМ «Искра-226», широко распространенная в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях.

В седьмой книге, написанной Ю. И. Волковым, В. Л. Горбуновым, Д. И. Панфиловым и С. Г. Шарониным, рассмотрены учебные стенды, созданные на базе микропроцессорных комплектов КР580, К589, КМ1810 и КМ1816. Эти стенды иллюстрируют специфику построения, программирования и применения различных типов микроЭВМ. Описанные в книге микроЭВМ, выполненные в открытой конструкции, позволяют исследовать работу, схемотехнику и программное обеспечение в их единстве и взаимной связи. Для всестороннего раскрытия процессов получения, преобразования и передачи информации в различных функциональных узлах микроЭВМ показана работа как в различных пошаговых режимах, так и в реальном масштабе времени. Дано обоснование модульного принципа построения учебных микроЭВМ, позволяющего исследовать процессы в отдельных узлах и создавать микропроцессорные системы различной степени сложности и функционального назначения. Приведены учебные стенды, которые могут быть использованы на практических занятиях.

В восьмой книге, написанной Г. И. Фроловым, В. А. Шахновым и Н. А. Смирновым, рассмотрены отечественные микроЭВМ, которые могут быть использованы в учебном процессе в вузах, техникумах, профессионально-технических училищах, школах; показано, что наиболее целесообразной является сеть взаимносвязанных ЭВМ с одной ведущей (преподавательской) и рядом ведомых (рабочие места студента, учащегося, школьника). Только тогда можно решить задачу создания материальной базы учебных заведений за счет минимального финансирования с сохранением широких функциональных возможностей используемых средств вычислительной техники. Рассмотрены три варианта комплектования учебных классов. В первых двух в качестве ведущей машины используется ЭВМ ДВК-2М; в качестве ведомой в первом варианте — ДВК-1М, а во втором — доработанный бытовой компьютер «Электроника БК—001ОШ». В третьем варианте рассмотрены специально разработанные для учебных заведений вычислительные машины «Электроника УК НЦ». Кроме машинной части в книге даны сведения и по базовому программному обеспечению учебного класса.

При написании настоящей серии авторами использован опыт разработки и исследований отечественных микроЭВМ, а также опыт преподавания на кафедре «Вычислительная техника» Московского института электронной техники.

Авторы выражают глубокую благодарность рецензентам: коллективу кафедры «Автоматизированные системы управления» МВТУ им. Н. Э. Баумана (зав. кафедрой — д-р техн. наук, проф. В. Н. Четвериков), лауреату Государственной премии СССР канд. техн. наук Б. И. Ермолаеву (гл. инж. НИЦЭВТ), замечания которых способствовали улучшению материала пособий.

Авторы с благодарностью примут все замечания по серии пособий «МикроЭВМ», которые можно направлять по адресу: 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., 29/14, издательство «Высшая школа».

Чл.-кор. АН СССР

Л. Н. Преснухин

Введение

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года отмечается, что достижение высшей цели экономической стратегии партии — неуклонного подъема материального и культурного уровня жизни народа — невозможно без всемерного повышения эффективности производства путем его комплексной автоматизации на основе роботизации и компьютеризации.

При этом особое место занимают работы по созданию микроЭВМ и вычислительных систем, выполняемых на их основе. Наряду с массовостью, универсальностью, высокой производительностью, относительно низкой стоимостью микроЭВМ благодаря высокой надежности и малым массогабаритным характеристикам обладают свойством встраиваемости, что позволяет использовать их в составе различного рода оборудования.

Одним из наиболее перспективных и широко используемых в народном хозяйстве является семейство микроЭВМ «Электроника 60». Разработка и применение новой элементной базы позволили создать данное семейство микроЭВМ, обладающее возможностями миниЭВМ (СМ4, «Электроника 100/25», «Электроника 79») и обеспечивающее полную программную совместимость с ними, что, в свою очередь, позволило использовать большой объем программного обеспечения известных и общедоступных миниЭВМ.

Функционально законченные блоки микроЭВМ «Электроника 60» выполнены в виде конструктивных модулей (модуль центрального процессора, модули памяти, интерфейсы связи с различными устройствами внешней памяти и устройствами пользователя, модули аналого-цифрового ввода — вывода и т. д.), связь меж-

ду, которыми осуществляется через единый канал обмена информацией. Пользователь может определить необходимую конфигурацию системы в зависимости от конкретного применения микроЭВМ, а также подключить к каналу микроЭВМ и собственные устройства, разработанные с учетом заданных требований и рекомендаций. Широкий диапазон применения микроЭВМ семейства «Электроника 60» определяется возможностью значительного варьирования (в рамках данного семейства) параметрами вычислительных средств: производительностью, объемом памяти, набором периферийного оборудования, управляющими ресурсами, стоимостью. Подобная «широкодиапазонность» достигается за счет включения в состав семейства различных микроЭВМ ограниченных конфигураций, обладающих вместе с тем достаточными вычислительными и управляющими возможностями, использования (в старших моделях семейства) средств расширения адресного пространства микроЭВМ (диспетчера памяти), позволяющих существенно (в 4—64 раза) по сравнению с прямоадресуемой памятью увеличить объем допустимой оперативной памяти, а также использования расширенной системы команд (включая команды с плавающей запятой).

Стремление к ускорению процесса повышения эффективности труда инженерно-технических работников и служащих привело к созданию первого в нашей стране персонального (профессионального) вычислительного комплекса (ПВК) — «Электроника МС 0585», нового типа вычислительных средств, а именно микроЭВМ, работающей в режиме индивидуальной диалоговой системы. Подобные ПВК являются первым массовым инструментом активной формализации профессиональных знаний.

Таким образом, основными направлениями применения микроЭВМ семейства «Электроника 60» являются:

— однопользовательские (многопользовательские) вычислительные системы;

— микроЭВМ, встраиваемые в системы управления станками, специальным оборудованием и технологическими процессами;

— терминальные устройства для больших ЭВМ;

— персональные ЭВМ.

В настоящее время отсутствуют такие пособия, в которых бы с единой методической точки зрения и необходимой полнотой было рассмотрено семейство микро-

ЭВМ «Электроника 60». В существующих журнальных статьях, справочниках и учебных пособиях кратко рассматриваются либо структура микроЭВМ и система команд, либо далеко не полные сведения о программном обеспечении и принципах обмена с внешними устройствами. Сведения о конструкции, элементной базе, диагностических комплексах, а также о составе и преемственности различных моделей данного семейства микроЭВМ практически отсутствуют. Поэтому создание серии пособий, которая включала бы в себя последовательное описание и анализ основных компонентов семейства микроЭВМ «Электроника 60», является достаточно важным и актуальным.

глава 1

Основы построения семейства микроЭВМ «Электроника 60»



Данная глава содержит основные понятия и определения, используемые при описании и анализе семейства микроЭВМ, а также архитектурные принципы его построения. Для удобства восприятия дальнейшего материала здесь кратко рассмотрена структура семейства микроЭВМ «Электроника 60».

1.1. Структура базовой микроЭВМ

Основные принципы организации, являющиеся общими для всех моделей микроЭВМ семейства «Электроника 60», рассмотрим на примере обобщенной (базовой) структуры микроЭВМ [1, 2].

Семейство микроЭВМ «Электроника 60» представляет собой конфигурируемые пользователем модульные структуры, объединенные системным каналом обмена информацией. При этом все функциональные блоки микроЭВМ выполнены в виде конструктивно законченных устройств (модулей) и пользователь может определить конфигурацию вычислительной системы в зависимости от конкретного применения микроЭВМ.

Обобщенная структурная схема микроЭВМ семейства «Электроника 60» представлена на рис. 1.1.

Связь между центральным процессором, запоминающими устройствами и внешними устройствами осуществляется через общий системный канал. При построении вычислительно-управляющих систем на базе микроЭВМ семейства «Электроника 60» пользователь может подключать к каналу как собственные устройства ввода — вывода, так и дополнительные устройства, соблюдая при этом требования и условия работы интерфейса системного канала.

Связь между двумя устройствами, подключенными к каналу, осуществляется по принципу «управляющий —

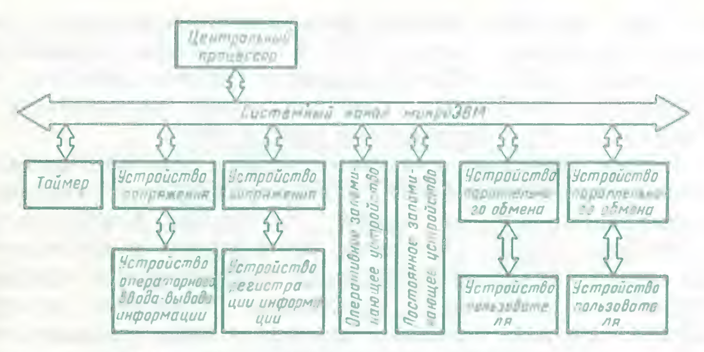


Рис. 1.1. Обобщенная структурная схема микроЭВМ

управляемый» (активный — пассивный). В каждый момент времени только одно устройство является активным. Активное (управляющее) устройство управляет циклами обращения к каналу, при необходимости удовлетворяет требования прерывания от внешних устройств, контролирует предоставление прямого доступа к памяти. Пассивное (управляемое) устройство является исполнительным. Оно может принимать или передавать информацию только под управлением активного устройства.

Типичные примеры активного устройства — центральный процессор, выбирающий команду из памяти, которая всегда является пассивным устройством; устройство, работающее в режиме прямого доступа к памяти (устройство ПДП). Примером пассивного устройства является память.

Связь между устройствами через системный канал является замкнутой и асинхронной. В ответ на управляющий сигнал, передаваемый активным устройством, поступает сигнал от пассивного устройства. Процесс обмена между устройствами не зависит от длины канала и времени ответа пассивного устройства (в пределах заданного интервала времени — как правило, не более 10 мкс).

Обмен между двумя устройствами может выполняться как 16-разрядными словами, так и байтами. Канал микроЭВМ обеспечивает три типа обмена данными: программный обмен, обмен в режимах прямого доступа к памяти (ПДП) и прерывания программы.

Программный обмен данными — это передача данных по инициативе и под управлением программы. Обыч-

но перед началом обмена проверяется содержимое регистра состояния устройства, с тем чтобы определить готовность его к обмену данными. Обмен данными по инициативе внешнего устройства может выполняться в режимах ПДП и прерывания программы.

Обмен данными в режиме ПДП — самый быстрый способ передачи данных между памятью и внешним устройством. Он не меняет состояния центрального процессора (ЦП) и поэтому выполняется в промежутках между циклами обращения процессора к каналу. При этом адресация и управление размерами передаваемого массива данных находятся под управлением устройства, получившего прямой доступ к памяти. Массивы данных в режиме ПДП передаются со скоростью, определяемой быстродействием памяти.

Обмен данными в режиме прерывания программы — это выполнение программы обслуживания по требованию периферийного устройства. При этом ЦП приостанавливает выполнение текущей программы, чтобы обслужить запрашивающее устройство. После завершения выполнения программы обслуживания ЦП возобновляет выполнение текущей программы с того места, где она была прервана.

Центральный процессор содержит 8 регистров общего назначения, широко используемых при выполнении различных операций, реализует одно- и двухадресные команды, команды расширенной арифметики и с плавающей запятой, обрабатывает 16-разрядные слова и 8-разрядные байты. Возможность использования восьми методов адресации позволяет вести высокоэффективную обработку данных, хранимых в любой ячейке памяти или в регистре.

Обобщенная структурная схема ЦП микроЭВМ семейства «Электроника 60» приведена на рис. 1.2 [1]. ЦП включает в себя следующие блоки:

— регистровое арифметическо-логическое устройство (РАЛУ), обеспечивающее функции обработки информации и обмена информацией с системным каналом микроЭВМ в соответствии с кодом микрокоманды, формируемой микропрограммным устройством управления;

— устройство управления (УУ), осуществляющее управление системным каналом микроЭВМ и формирующее последовательность адресов для памяти микрокоманд;

— микропрограммное постоянное запоминающее устройство (МПЗУ), предназначенное для хранения

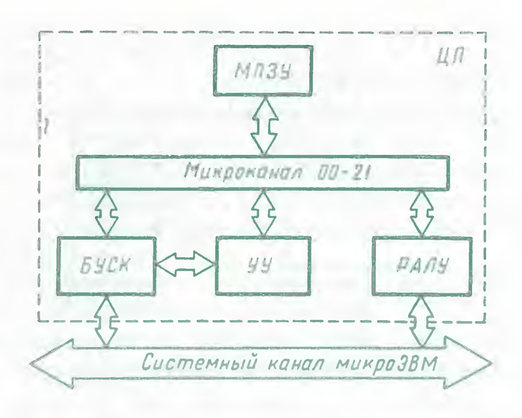


Рис. 1.2. Структурная схема центрального процессора семейства микроЭВМ «Электроника 60»

22-разрядных микрокоманд. МикроЭВМ имеет память микропрограмм, выполненную в виде постоянных запоминающих устройств, в которых заданы микропоследовательности, реализующие основную систему команд микроЭВМ, а также стартовая микропоследовательность, микропоследовательности команд пультового терминала, обработки внутренних и внешних прерываний, команд умножения, деления, операций с плавающей запятой и т. д.;

— блок управления системным каналом (БУСК), обеспечивающий взаимодействие системного канала с другими блоками ЦП.

Синхронный обмен между блоками ЦП осуществляется через 22-разрядный микроканал, работающий в мультиплексном режиме. Использование четырехтактной системы синхронизации позволяет за один процессорный цикл переслать в МПЗУ адрес микрокоманды, сформированный в УУ, и прочитать из МПЗУ 22-разрядный код микрокоманды. Обмен командами и данными между ЦП, ОЗУ и внешними устройствами осуществляется через РАЛУ при помощи системного канала. Передача в УУ кода системной команды, поступившей в РАЛУ и необходимой для формирования устройством управления последовательности микрокоманд, осуществляется через микроканал.

Программное представление ЦП изображено на рис. 1.3. Помимо РАЛУ ЦП содержит 8 программно-

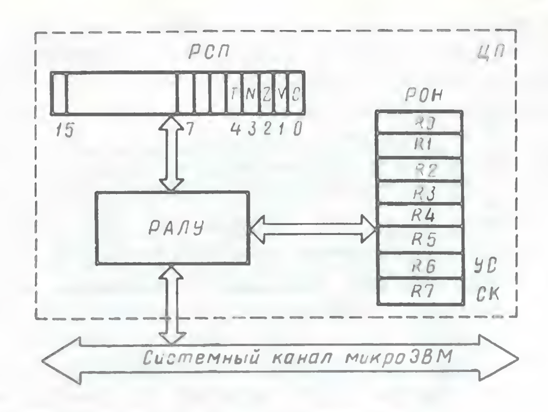


Рис. 1.3. Программное представление центрального процессора

доступных быстродействующих 16-разрядных регистров общего назначения (РОН) и регистр состояния процессора (РСП).

Регистры общего назначения (R0 — R7) выполняют различные функции и используются в следующих вариантах:

— как накопители (обрабатываемые данные хранятся в регистрах);

— как указатели адреса (РОН содержит адрес операнда, а не сам операнд);

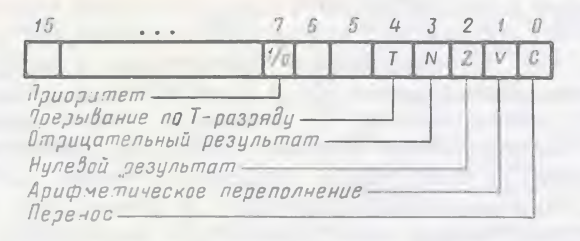
— как указатели адреса, содержимое которых изменяется автоматически с заданным шагом, что позволяет обращаться к последовательно расположенным ячейкам памяти. Автоматическое увеличение содержимого указателя при этом называется *автоинкрементной адресацией,* автоматическое уменьшение содержимого указателя — *автодекрементной адресацией;*

— как индексные регистры, содержимое которых прибавляется к индексному слову для вычисления (определения) адреса операнда. Это позволяет легко обращаться к различным элементам списка.

Использование автоинкрементного и автодекрементного методов адресации дает возможность организовать стековую память. В качестве указателя стека (УС) программно можно выбрать любой РОН, однако определенные команды (используемые при обслуживании прерываний, обращении и возврате из подпрограмм) автоматически используют R6.

Регистр R7 служит счетчиком команд (СК) и содержит адрес очередной выполняемой команды. Обычно он используется только как указатель адреса и не используется как накопительный регистр. Обмен данными с памятью и внешними устройствами выполняется через канал и занимает более длительное время. Таким образом, использование РОН для хранения операндов при процессорных операциях повышает быстродействие микроЭВМ.

Регистр состояния процессора предназначен для хранения слова состояния процессора (ССП), содержащего информацию о текущем приоритете процессора, значении кодов условий ветвления, зависящем от результата выполнения команды, и состоянии Т-разряда, используемого при отладке программ и вызывающего прерывание программы. Формат ССП имеет следующий вид:



Разряд приоритета процессора (разряд 7) может находиться в состоянии 0 или 1. Во втором случае внешние устройства не могут вызывать прерывание текущей программы. Для удовлетворения требований прерывания программы разряд 7 должен быть равен 0.

Коды условий ветвления содержат информацию о результате последней выполненной процессором команды. Процедуру установки их в соответствующее состояние осуществляют все арифметические и логические одно- или двухадресные команды. Установка отдельных разрядов этих кодов происходит в следующих случаях:

$Z = 1$, если результат равен 0;

$N = 1$, если результат отрицательный,

$C = 1$, если в результате выполнения команды произошел перенос из самого старшего разряда или если при сдвиге вправо (влево) из самого младшего (старшего) разряда была выдвинута 1;

$V = 1$, если в результате выполнения команды произошло арифметическое переполнение.

При выборке из стека нового ССП и занесении его в регистр состояния процессора может устанавливаться или сбрасываться Т-разряд. Если он установлен, то завершение выполнения текущей команды вызывает прерывание программы с вектором 14 и запись из ячейки 16 в регистр состояния нового ССП. Использование Т-разряда особенно эффективно в отладочных программах для организации такого режима выполнения отлаживаемой программы, когда исполнение интересующих пользователя команд вызывает прерывание программы и переход на программу связи с оператором. Это дает возможность пользователю предпринять необходимые действия.

1.2. Системный канал микроЭВМ

Системный канал микроЭВМ (магистральный интерфейс) определяет сопряжение между ЦП и системными устройствами [2]. Стандартизация интерфейса в микроЭВМ семейства «Электроника 60» и вычислительных комплексах, реализованных на их основе, а также общность набора периферийных устройств для них обеспечивают совместимость технических средств на уровне пользователей, что существенно упрощает и удешевляет проектирование, отладку, модернизацию и расширение автоматизированных систем управления на базе микроЭВМ.

Канал микроЭВМ «Электроника 60» является упрощенным вариантом интерфейса типа «Общая шина» (ГОСТ 26765.51—86), к которому подключаются устройства (ЦП, запоминающие и периферийные устройства), (см. рис. 1.1).

Физически канал представляет собой унифицированную магистраль, объединяющую от 33 до 42 (для различных моделей семейства микроЭВМ) линий, по которым осуществляется передача необходимой для функционирования комплекса информации. Использование единого интерфейса позволяет иметь общий для всех устройств комплекса алгоритм связи и следовательно, унифицированную аппаратуру сопряжения.

Сигналы системного канала микроЭВМ и их функциональное назначение приведены в табл. 1.1.

В соответствии с процедурами ввода — вывода всю совокупность сигналов, передаваемых по линиям системного канала, можно разделить на три группы: пере-

Таблица 1.1

Название сигналов системного канала	Обозначение	Функция (назначение)
Сигналы передачи адреса и данных		
Адрес — данные	АД15-АД00	Передача адреса или данных
Синхронизация активного устройства в циклах обмена данными	ОБМ	Указание начала и длительности текущего цикла обмена между активными и пассивными устройствами
Ответ пассивного устройства	ОТВ	Указание, что данные приняты (выставлены) с (на) линий АД (синхронизирующий сигнал при асинхронном обмене данными)
Ввод данных (чтение)	ДЧТ	Указание, что: 1) активное устройство готово принять данные; 2) ЦП готов принять вектор прерывания
Вывод данных (запись)	ДЗП	Указание, что на линиях АД помещены данные
Байт (признак записи байта)	ПЗП	Указание, что: 1) следует операция вывода; 2) выводится байт
Выбор внешнего устройства	ВУ	Указание, что выводится адрес внешнего устройства (для 16-разрядного адресного пространства АД15—АД00 — адрес находится в диапазоне 28—32 К)
Регенерация	РГН	Регенерация ячеек динамической памяти при каждой операции канала ОБМ—ДЧТ
Сигналы арбитража приоритета		
Запрос прерывания	ЗПР	Запрос на прерывание от периферийного устройства (требование прерывания текущей программы)
Разрешение прерывания	ПРР	Передача от арбитра сигнала разрешения прерывания
Прерывание по внешнему событию (таймеру)	ПВС	Запрос на прерывание от датчика времени (таймера)
Запрос магистрали	ЗМ	Формирование периферийным устройством в качестве сигнала запроса ПДП
Разрешение захвата магистрали	РЗМ	Сигнал разрешения ПДП
Подтверждение запроса	ПЗ	Сигнал подтверждения запроса системной магистрали

Продолжение табл. 1.1

Название сигналов системного канала	Обозначение	Функция (назначение)
Сигналы управления состоянием системы		
Начальная установка	УСТ	Установка регистров управления в начальное состояние
Останов	ОСТ	Перевод ЦП в режим связи с пультовым терминалом
Авария сетевого питания	АСП	Сигнал аварии сетевого питания
Авария источника питания	АИП	Сигнал аварии источника питания

дачи адреса и данных; арбитража приоритета; управления состоянием системы.

Сигналы передачи адреса и данных (АД). Сигналы АД15—АД00 (для младших моделей семейства микроЭВМ «Электроника 60») и АД17—АД00, АД21—АД00 (для старших моделей семейства) служат для передачи 16-разрядных данных и 16-, 18- или 22-разрядных кодов адреса по системному каналу. Для уменьшения числа сигналов передача данных и кодов адреса осуществляется по одним и тем же линиям в режиме разделения времени. Например, во время программной передачи данных ЦП сначала в течение определенного интервала времени устанавливает в канале адрес. По окончании интервала выдачи адреса ЦП осуществляет программный обмен (по тем же линиям) входными или выходными данными. Обмен данными выполняется асинхронно и требует ответа от адресуемого устройства.

Данными в семействе «Электроника 60» являются 16-разрядные слова, которые делятся на старший и младший байты:

15 — 8	7 — 0
Старший байт	Младший байт

При этом возможен обмен (считывание — запись) как полными (16-разрядными) словами, так и отдельно старшими или младшими байтами. Ячейки, содержащие полные слова, всегда имеют четные адреса. Адреса байтов могут быть как четными, так и нечетными. Млад-

шие байты слов хранятся в ячейках с четными адресами, старшие — с нечетными:

Слова

байт	байт	
старший	младший	000 000
старший	младший	000 002
старший	младший	000 004
⋮	⋮	
старший	младший	017 772
старший	младший	017 774
старший	младший	017 776

байт	
младший	000 000
старший	000 001
младший	000 002
⋮	
старший	017 775
младший	017 776
старший	017 777

В старших моделях микроЭВМ, использующих 18- и 22-разрядные адресные коды, в цикле обмена данными старшие 2(6) разряда не используются.

Функции синхронизации при передаче адреса и приеме — передаче данных выполняют сигналы управления каналом: ОБМ, ДЧТ, ДЗП, ПЗП, ОТВ.

Сигнал ВУ остается активным во время адресной части цикла обращения к каналу.

Сигнал РГН заставляет все блоки динамической памяти выполнять построчную регенерацию при каждой канальной операции ОБМ — ДЧТ. Можно запретить управление регенерацией процессором, установив перемычки на модуле ЦП. В этом случае регенерацией должно управлять внешнее устройство; ее можно запретить, если в системе не используется динамическая память.

Сигналы арбитража приоритета. Сигнал требования прерывания ЗПР вырабатывается пассивным устройством, если его триггеры требования и разрешения прерывания установлены. Этот сигнал информирует процессор о том, что устройство готово передавать или принимать данные. Если разряд 7 ССП установлен в состояние 0, то процессор разрешает прерывание, вырабатывая сигналы ДЧТ и ПРР.

Входной сигнал предоставления прерывания (ПРР1) и выходной сигнал предоставления прерывания (ПРР 0) вырабатываются следующим образом. В ответ на требование прерывания (ЗПР) ЦП вырабатывает сигнал ПРР, который является выходным (ПРР0) для ЦП и

входным (ПРР1) для первого устройства в канале (электрически ближе расположенного к ЦП и, следовательно, имеющего более высокий приоритет). Если это устройство не требует прерывания (не вырабатывает сигнал ЗПР), то оно пропускает сигнал ПРР к следующему устройству. При этом сигнал ПРР становится выходным по отношению к первому устройству и входным по отношению ко второму и т. д. Схема распространения сигнала ПРР приведена на рис. 1.4. Устройство, требующее прерывания, запрещает распространение этого сигнала. Таким образом, сигнал ПРР, последовательно проходя через все устройства, обеспечивает их поочередный опрос и, следовательно, различный приоритет обслуживания.

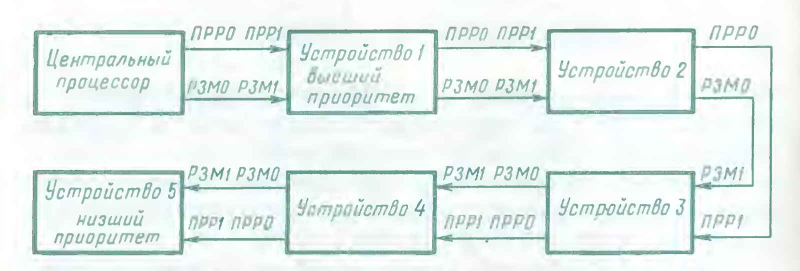


Рис. 1.4. Схема распределения сигналов ПРР и РЗМ между периферийными устройствами

Сигнал ПВС — требование прерывания по внешнему событию (таймеру). При выработке его процессор переходит (если разряд 7 ССП установлен в состояние 0) на программу обслуживания через вектор с адресом 100_8. Обычно этот сигнал вырабатывается таймером, работающим от импульсов сетевого питания. Требование прерывания от таймера имеет более высокий приоритет по сравнению с обычным требованием прерывания от внешнего устройства. Линию ПВС можно использовать не только для прерывания от таймера. При необходимости на эту линию можно подключить любое устройство. Сигнал ПВС можно запрещать с помощью перемычки на модуле ЦП.

Процедура предоставления прямого доступа к памяти (ПДП) выполняется под управлением трех сигналов: ЗМ, РЗМ, ПЗ.

Сигналы управления состоянием системы. Сигнал УСТ вырабатывается процессором, чтобы выполнить

начальную установку всех устройств, подключенных к каналу. Этот сигнал вырабатывается при каждом включении питания по сигналу АИП. Сигнал УСТ вырабатывается программно по команде RESET и при пуске программы.

Канальным сигналом ОСТ (останов) процессор переводится в режим связи с пультовым терминалом. При этом ЦП прекращает выполнение текущей программы и игнорирует все внешние запросы прерывания. В этом режиме ЦП микропрограммно выполняет команды, подаваемые с пультового терминала.

Сигнал АИП вырабатывается источником питания, если уровни постоянных напряжений питания достаточны для обеспечения надежной работы системы.

Сигнал АСП вырабатывается источником питания при нормальном сетевом напряжении питания. Сброс данного сигнала во время работы процессора вызывает прерывание программы по нарушению питания.

Для выполнения любой команды процессору требуется осуществить хотя бы одну операцию обращения к каналу. Первой операцией для всех команд является ввод кода команды из ячейки памяти, адрес которой определяется счетчиком команд (СК). Все операции обращения к каналу для ввода и вывода данных называются *циклами обращения к каналу*. Если выполняется команда с обращением к памяти или внешним устройствам, то используется один из следующих циклов обращения к каналу: ВВОД, ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД, ВЫВОД, ВЫВОД БАЙТА (ВЫВОД Б).

В промежутках между циклами обращения к каналу ЦП может предоставлять канал устройству, запросившему ПДП. Требование прерывания может быть удовлетворено только перед выборкой команды (в промежутках между выполнениями команд).

Рассмотрим выделенные типы канальных операций. При этом последовательность операций при выполнении обмена данными между ЦП и памятью аналогична последовательности при выполнении обмена между ЦП и внешними устройствами. Цикл ВЫВОД (или ВЫВОД Б) аналогичен операции записи, а цикл ВВОД — считыванию. Кроме того, цикл ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД включает в себя следующие операции: ввод данных, арифметическо-логические, вывод результата без повторения передачи адреса. В этом случае результат записывается по адресу последнего выбранного операнда.

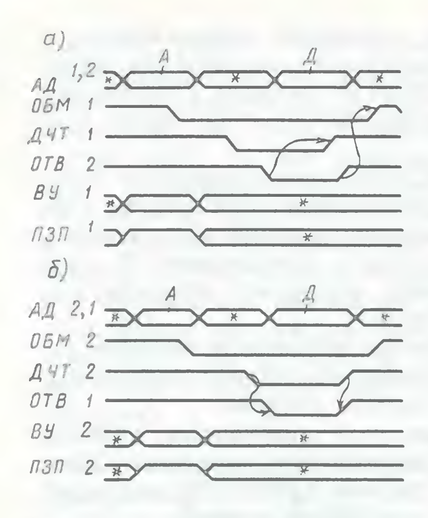


Рис. 1.5. Временны́е диаграммы цикла ВВОД

Ц и к л В В О Д. Направление передачи при выполнении операций обмена данными определяется по отношению к активному устройству. При выполнении цикла ВВОД данные передаются от пассивного устройства к активному.

Временны́е диаграммы выполнения цикла ВВОД представлены на рис. 1.5, *а, б* для активного и пассивного устройств соответственно. На рисунке использованы следующие условные обозначения*: *1* — передаваемый сигнал, *2* — принимаемый сигнал, * — состояние сигнала не имеет значения; ** — сигнал устанавливается при выполнении байтовых операций.

Порядок выполнения операций следующий:

1) активное устройство в адресной части цикла передает по линиям АД15—АД00 адрес и вырабатывает сигнал ВУ, если адрес находится в диапазоне 160 000—177 777;

2) не ранее чем через 150 нс после установки адреса активное устройство вырабатывает сигнал ОБМ, предназначенный для запоминания адреса во входной логике выбранного устройства;

3) пассивное устройство дешифрирует адрес и запоминает его;

4) активное устройство снимает адрес с линий АД15—АД00, очищает линию ВУ, вырабатывает сигнал ДЧТ, сигнализируя о готовности принять данные от пассивного устройства, и ожидает поступления ответного сигнала ОТВ;

5) пассивное устройство помещает данные на линии АД15—АД00 и вырабатывает сигнал ОТВ, сигнализирующий о наличии данных в канале. Если сигнал ОТВ не вырабатывается в течение 10 мкс после выработки сигнала ДЧТ, то ЦП переходит к обслуживанию внут-

* На рис. 1.6—1.9 используются аналогичные обозначения.

реннего прерывания по ошибке обращения к каналу с адресом вектора 4;

6) активное устройство принимает сигнал ОТВ, принимает данные и снимает сигнал ДЧТ;

7) пассивное устройство снимает сигнал ОТВ, завершая операцию передачи данных;

8) активное устройство снимает сигнал ОБМ по заднему фронту сигнала ОТВ, завершая канальный цикл ВВОД.

Во время выполнения цикла ВВОД сигнал ПЗП не вырабатывается.

Ц и к л В Ы В О Д. При выполнении цикла ВЫВОД данные передаются от активного устройства к пассивному, например происходит запись данных в память.

Временны́е диаграммы выполнения цикла ВЫВОД представлены на рис. 1.6, *а, б* для активного и пассивного устройств соответственно.

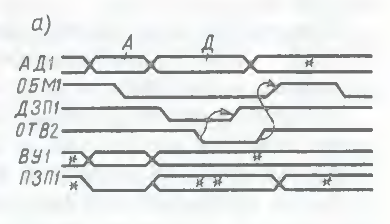
Порядок выполнения операций следующий:

1) активное устройство в адресной части цикла передает по линиям АД15—АД00 адрес, а также сигнал ВУ, если это необходимо. Кроме того, в цикле ВЫВОД в адресной части всегда вырабатывается сигнал ПЗП. Не менее чем через 150 нс после установки адреса вырабатывается сигнал ОБМ, выполняющий ту же функцию, что и в цикле ВВОД;

2) пассивное устройство дешифрирует адрес и запоминает его;

3) активное устройство снимает адрес с линий АД15—АД00, очищает линию ВУ и снимает сигнал ПЗП. После этого активное устройство помещает данные на линии АД15—АД00 и через 100 нс (минимум) вырабатывает сигнал ДЗП;

4) пассивное устройство принимает данные с линий АД15—АД00 и вырабатывает сигнал ОТВ, означающий, что данные приняты пассивным устройством. Если сигнал ОТВ не вырабатывается в течение 10 мкс после выработки сигнала



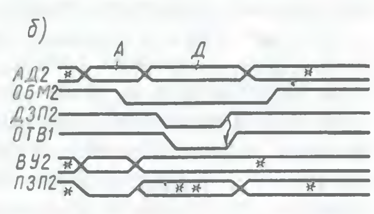


Рис. 1.6. Временны́е диаграммы цикла ВЫВОД

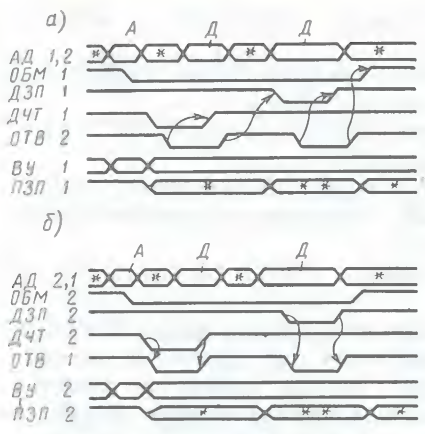


Рис. 1.7. Временны́е диаграммы цикла ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД

ДЗП, то ЦП переходит к обслуживанию внутреннего прерывания по ошибке обращения к каналу с адресом вектора 4;

5) активное устройство, получив сигнал ОТВ, освобождает через 150 нс (минимум) линию ДЗП, а через 250 нс (минимум) после поступления сигнала ОТВ снимает данные с линий АД15—АД00;

6) пассивное устройство снимает сигнал ОТВ, завершая операцию приема данных;

7) активное устройство снимает сигнал ОБМ, завершая канальный цикл ВЫВОД.

Во время передачи данных сигнал ПЗП может быть либо пассивным, либо активным и определяет вывод соответственно 16-разрядного слова или байта.

Цикл ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД. Цикл обращения к каналу ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД аналогичен операции СЧИТЫВАНИЕ — МОДИФИКАЦИЯ — ЗАПИСЬ.

Временны́е диаграммы выполнения цикла ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД представлены на рис. 1.7, *а, б* для активного и пассивного устройств соответственно.

Адресная часть и ввод данных выполняются аналогично этим же операциям в цикле ВВОД. Однако сигнал ОБМ остается активным и после окончания ввода данных, что позволяет осуществлять вывод модифицированных данных без повторений адресной части цикла.

Прямой доступ к памяти. В режиме прямого доступа к памяти обмен данными между периферийным устройством и памятью происходит без вмешательства ЦП. Устройство, способное работать в режиме ПДП, должно выполнять все функции активного устройства: адресацию, синхронизацию, выработку управляющих сигналов и, если это необходимо, управление регенерацией ОЗУ. Обмен данными в режиме ПДП производится стандартными циклами обращения к каналу.

Временна́я диаграмма предоставления прямого доступа показана на рис. 1.8. Порядок выполнения операций следующий:

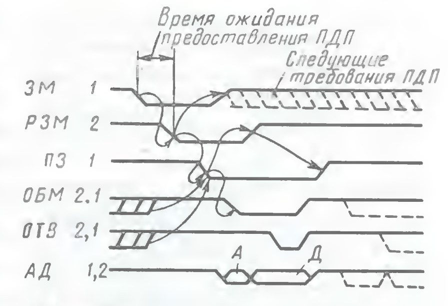


Рис. 1.8. Временна́я диаграмма предоставления прямого доступа к памяти

1) устройство запрашивает канал, вырабатывая сигнал прямого доступа к памяти (ЗМ);

2) после завершения текущего цикла канала ЦП вырабатывает сигнал предоставления прямого доступа к памяти (РЗМ), запрещая выработку следующего «процессорного» цикла канала;

3) устройство ПДП получает сигнал РЗМ, вырабатывает сигнал подтверждения запроса (ПЗ) и снимает сигнал ЗМ;

4) ЦП снимает сигнал РЗМ и ожидает завершения операций ПДП;

5) устройство ПДП получает канал и выполняет требуемые циклы передачи данных способами, описанными для операций ВВОД, ВВОД — ПАУЗА — ВЫВОД и ВЫВОД. Когда передача данных заканчивается, устройство снимает сигнал ПЗ и возвращает управление каналом процессору;

6) ЦП возобновляет работу, вырабатывая сигнал ОБМ, или выдает новое разрешение использования канала, если вырабатывается сигнал ЗМ.

Прерывание программы. Временное прекращение выполнения текущей программы и переход к выполнению программы обслуживания устройства, вызвавшего прерывание, называется *прерыванием программы*. Каждое устройство, способное вызывать прерывание, должно иметь регистр состояния, содержащий разряд разрешения прерывания. Этот разряд должен быть программно установлен в состояние 1, если устройству разрешается прерывание программы. Кроме того, ЦП предоставляет прерывание, и, следовательно, выполняет программу обслуживания устройства только в том случае, если разряд 07 в РСП содержит 0. Каждое устройство, требующее прерывания, имеет программу обслуживания, вход в которую осуществляется автоматически с помощью вектора прерывания. Этот вектор указывает

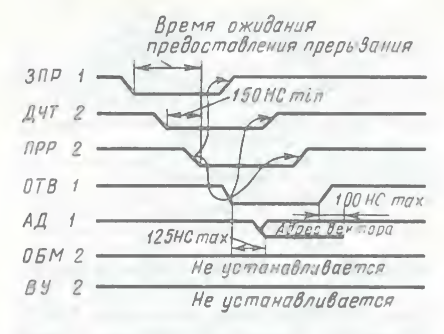


Рис. 1.9. Временнáя диаграмма прерывания программы

номер ячейки памяти, содержащей начальный адрес программы обслуживания прерывания.

Временнáя диаграмма операций по прерыванию программы представлена на рис. 1.9. Порядок выполнения операций следующий:

1) устройство, которому необходимо обслуживание, вырабатывает сигнал ЗПР;

3) процессор удовлетворяет требование, вырабатывая сигналы ДЧТ и ПРР;

3) устройство, требующее обслуживания, получает сигнал ДЧТ и входной сигнал предоставления прерывания (ПРР 1) и запрещает распространение его к другим устройствам. Затем устройство помещает адрес вектора прерывания на линии АД07 — АД00, вырабатывает сигнал ОТВ и снимает сигнал требования прерывания ЗПР. Если сигнал ОТВ не вырабатывается в течение 10 мкс, то ЦП переходит в режим связи с пультовым терминалом;

4) процессор принимает адрес вектора прерывания и снимает сигналы ДЧТ и ПРР;

5) устройство завершает передачу адреса вектора и снимает сигнал ОТВ;

6) ЦП помещает в стек содержимое СК и РСП и загружает новое содержимое в СК и РСП из двух последовательных ячеек, первая из которых определяется адресом вектора прерывания, после чего ЦП выполняет программу обслуживания данного устройства.

По завершении программы обслуживания ЦП возобновляет выполнение прерванной программы с помощью команды возврата из прерывания (RTI), по которой из стека выбираются два слова и записываются в СК и РСП.

Каждое устройство, способное вызывать прерывание, имеет приоритет обслуживания, основанный на его расположении по отношению к процессору. Если два устройства или более одновременно требуют прерывания, то устройство, электрически ближе расположенное к ЦП, имеет более высокий приоритет и, получив сигнал пре-

доставления прерывания, запрещает его распространение вдоль канала. Любое устройство может прервать выполнение программы обслуживания первого устройства, если при этом разряд 7 ССП содержит 0. Следовательно, программы обслуживания могут «вкладываться» одна в другую до любого уровня.

Требования прерывания могут одновременно поступить от нескольких устройств, поэтому пользователь устанавливает приоритет (очередность) их обслуживания. Модули интерфейса внешних устройств, а также модули управления вводом — выводом устанавливаются в гнезде монтажной панели микроЭВМ в соответствии с их приоритетом. Модуль, установленный в позицию 1, имеет наивысший приоритет обслуживания.

При присвоении приоритета внешним устройствам принимаются во внимание следующие факторы:

а) быстродействующим устройствам присваивается наивысший приоритет обслуживания;

б) устройствам, данные от которых не могут быть восстановлены, также присваивается наивысший приоритет обслуживания.

Помимо прерываний от внешних устройств (внешних прерываний) в микроЭВМ семейства «Электроника 60» реализовано четыре типа внутренних прерываний:

1) прерывание по резервной команде возникает при попытке выполнить команды, коды которых в данной микроЭВМ не используются или резервируются для дальнейшего расширения системы команд;

2) прерывание по ошибке обращения к системному каналу возникает в том случае, если микроЭВМ обращается по адресу несуществующего внешнего устройства. МикроЭВМ микропрограммно осуществляет переход к программе обслуживания данного вида прерывания в том случае, если в цикле ВВОД или ВЫВОД в течение 10 мкс после выдачи процессором сигнала ДЗП или ДЧТ пассивное устройство не сформирует сигнала подтверждения приема (выдачи) данных;

3) прерывание по Т-разряду возникает при программной установке разряда 4 (Т) в слове состояния процессора. Команда, следующая за командой, установившей Т-разряд, выполняется до конца, а затем программа прерывается с соответствующим адресом вектора. Данный тип прерывания эффективно используется при отладке программ;

4) прерывание по нарушению питания возникает в том случае, если в процессор, находящийся в программном режиме, поступает сигнал нарушения питания.

Внутренние прерывания микроЭВМ имеют более высокий приоритет, чем внешние. Приоритет прерываний реализуется аппаратными средствами.

В систему прерываний микроЭВМ входит также прерывание по таймеру, которое имеет более высокий приоритет, чем прерывания от внешних устройств.

Одной из важнейших характеристик микроЭВМ является *адресное пространство* — множество адресов оперативной памяти и регистров внешних устройств, доступных для выполняемых программ. Под размерами адресного пространства понимают число программно-доступных адресов, определяемое максимальной разрядностью адресного кода. Для упрощения информационных связей между компонентами вычислительной системы и исключения специальных команд ввода — вывода в адресное пространство микроЭВМ семейства «Электроника 60», как это отмечалось ранее, включены адреса регистров устройств ввода — вывода и внешних устройств.

Минимальной адресуемой единицей памяти в микроЭВМ является *8-разрядный байт,* характеризуемый адресом в адресном пространстве. Поле из двух смежных байтов называется *словом.*

Распределение адресов системного канала для 16-разрядного адресного пространства показано на рис. 1.10 (все адреса даны в восьмеричном коде). При этом 16-разрядный канал ЭВМ позволяет адресоваться к 32К 16-разрядных слов или к 64К байт. Все адресное пространство условно разделено на блоки размером по 4К слов каждый. Ячейки памяти с $000\,000_8$ по $000\,376_8$ зарезервированы под векторы прерывания, и использовать их для адресных целей не рекомендуется. Для каждого вектора необходимы две 16-разрядные ячейки (для хранения содержимого СК и РСП), поэтому адреса векторов прерывания являются четными и заканчиваются на 0 или 4.

Последние 4К слов (160 000 — 177 777) адресного пространства отводятся обычно для регистров внешних устройств. В качестве примера на рис. 1.10 показано типовое распределение адресов векторов внутренних и внешних прерываний, а также адресов регистров стан-

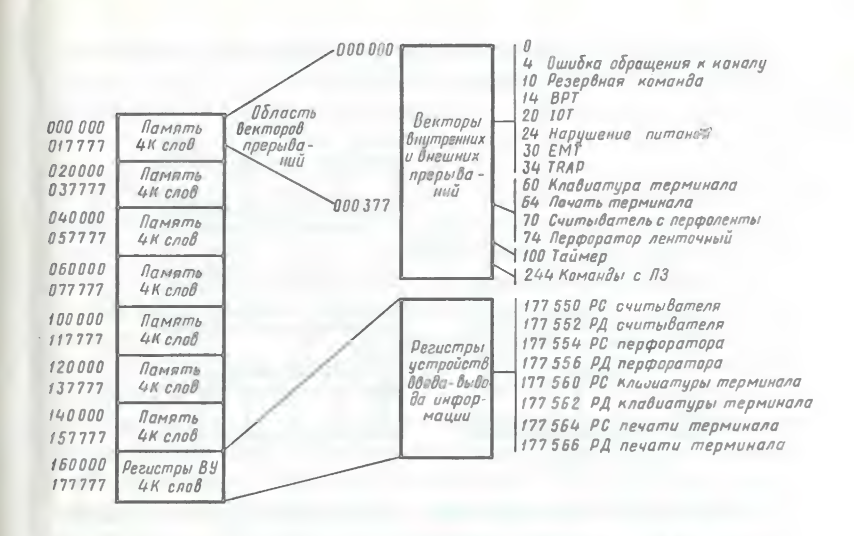


Рис. 1.10. Распределение адресного пространства микроЭВМ «Электроника 60»

дартных внешних устройств при использовании младших моделей семейства микроЭВМ. При использовании в старших моделях семейства микроЭВМ ЦП с диспетчером памяти имеется возможность увеличения объема адресного пространства до 128 К слов (256 К байт) и 2M слов (4 M байт), где $M = 2^{20}$. Соответствие между физическими адресами памяти и адресами системного канала рассматривается далее.

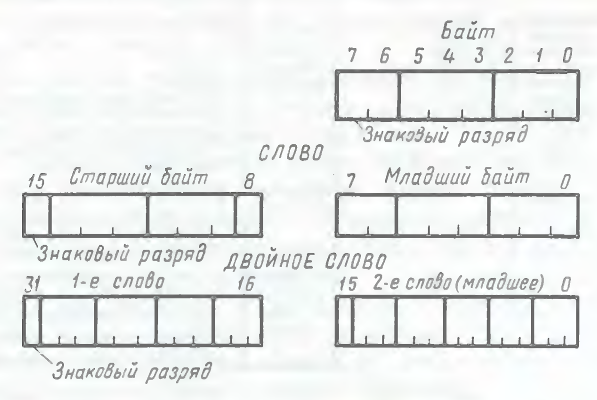
1.3. Представление данных и система команд

Основными характеристиками микроЭВМ, в значительной степени определяющими ее «вычислительные» возможности и область применения, являются используемые типы представления данных, команд и используемые методы адресации.

Данные в семействе микроЭВМ «Электроника 60» представляются одним из трех типов: числами с фиксированной или с плавающей запятой, а также алфавитно-цифровыми символами.

Целые числа с фиксированной запя-

т о й представляются байтами, словами или двойными словами, имеющими следующий формат:



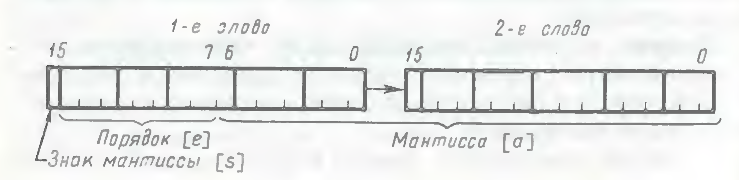
Соотношения между форматами, размерами и диапазонами представления приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Формат представления	Длина, бит	Диапазон изменения	
		с учетом знака	без учета знака
Байт	8	От —128 до 127	От 0 до 255
Слово	16	От —32768 до 32767	От 0 до 65535
Двойное слово	32	От -2^{31} до $2^{31}-1$	От 0 до $2^{32}-1$

Целые числа используются для представления данных во многих областях, однако часто подобный тип представления не обеспечивает требуемый динамический диапазон изменения данных. Для существенного расширения данного диапазона используется форма представления данных числами с плавающей запятой. При этом числа могут быть двух форматов: с одинарной и двойной точностью.

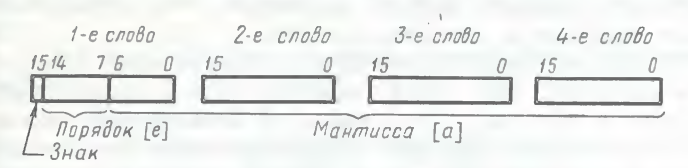
Числа с плавающей запятой одинарной точности имеют формат длиной в два 16-разрядных слова:



При этом разряд 15 первого (старшего) слова является знаковым [s], показатель степени [e] содержится в разрядах 14—7 первого слова со смещением 128, т. е. $e = e' - 128$. Так как мантисса является нормализованной, т. е. старший разряд всегда равен 1, то разряды 6—0 первого и второго слова содержат двоичное представление модуля мантиссы [a], сдвинутое влево на один разряд. В этом случае значение числа определяется как $N = s \cdot 2^{e'-128} a$.

Данный формат позволяет представлять числа в диапазоне $\pm(10^{-38}-10^{38})$ с точностью до семи десятичных знаков. При этом **0** представляется показателем степени, состоящим из одних нулей.

Для чисел с плавающей запятой двойной точности применяется такой же формат, как и для чисел одинарной точности, с той лишь разницей, что мантисса занимает на два 16-разрядных слова больше (54 двоичных разряда):



Данный формат позволяет представлять числа в диапазоне $\pm(10^{-38}-10^{38})$ с точностью до 15 десятичных разрядов.

Алфавитно-цифровые символы хранятся в ЭВМ в виде байтов, содержащих уникальное цифровое представление каждого символа. В микроЭВМ «Электроника 60» применяется код КОИ-7 [3]. В формате данного кода 0—9 представлены в восьмеричной форме как 60—71, символы верхнего регистра клавиатуры микроЭВМ — как 101—132. а буквы нижнего регистра — как 140—172.

В отличие от большинства 16-разрядных ЭВМ, **система команд** которых состоит обычно из команд трех различных классов (безадресные, адресные и ввода—вывода), ЦП микроЭВМ данного семейства выполняет указанные операции одним набором команд. Поскольку процессор обращается к регистрам внешних устройств и к ячейкам памяти аналогичным способом, команды, используемые для работы с данными, находящимися в памяти, применяются и к данным, находящимся в регистрах внешних устройств. Например, можно анализировать

данные, находящиеся в регистрах внешних устройств, не пересылая их в память или РОН, или выполнять над ними арифметические и логические преобразования.

Выполнение команды начинается с операции по выборке команды. Процессор извлекает из ячейки памяти с заданным адресом код команды, используя для этого цикл ВВОД. После дешифрации команды процессор начинает операцию по выборке операндов, инициируя, если это необходимо, один или несколько циклов ВВОД в зависимости от кода команды и метода адресации. Затем исполняется команда и, если требуется записать результат в память или регистр ВУ, начинается цикл ВЫВОД (или же заканчивается цикл ВВОД—ПАУЗА—ВЫВОД, который мог начаться при выборке операнда приемника).

Вычислительные возможности ЦП во многом определяются выбором методов адресации, а переменный формат команд позволяет использовать минимальное число слов для каждого метода адресации, что в конечном итоге приводит к экономии памяти.

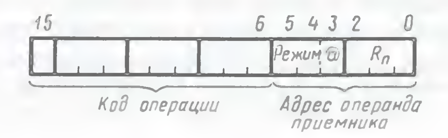
В ЦП микроЭВМ семейства «Электроника 60» [4] используются три типа команд: *безадресные*, *одно- и двухадресные*. В безадресных командах код команды содержит только код операции. В кодах одно- и двухадресных команд обычно содержится информация, которая определяет: выполняемую функцию (код операции); регистры общего назначения, используемые при выборке операндов; метод адресации (способ использования выбранного РОН).

Безадресные команды имеют следующий формат:



В данном формате все 16 разрядов слова определяют код операции. Первой в этой группе является команда HALT (останов) с восьмеричным кодом операции 000 000; далее команды WAIT, RESET, IOT, RTI, EMT и т. д.

Одноадресные команды имеют следующий формат:



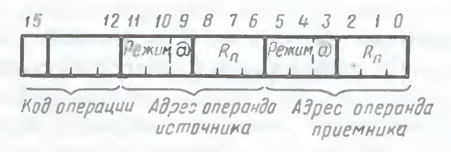
Разряды 06—15 специфицируют код операции, т. е. тип команды, которая должна быть выполнена. Разряды 0—05 формируют 6-битовое поле, называемое полем адреса приемника, которое состоит из двух подполей спецификации:

1) регистра. При этом биты 0—2 специфицируют, какой из восьми РОН данная команда будет использовать для адресации операнда;

2) адресного режима. При этом разряды 04—05 специфицируют, как будет применяться избранный регистр. Бит 3 указывает на прямой или косвенный метод адресации.

Операции, которые используют два операнда (такие, как сложение, вычитание, пересылка и сравнение), реализуются командами, содержащими два адреса. Первый операнд называется операндом источника, второй — операндом приемника. Задавая различные значения битов в поле операнда источника и операнда приемника, можно специфицировать различные регистры и режимы адресации.

Двухадресные команды имеют следующий формат:



Спецификация регистров адресации операндов источника и приемника осуществляется по аналогии с однооперандной командой. При этом поле адреса источника предназначено для определения первого операнда, а адрес приемника указывает на размещение второго операнда и результата. Так, команда ADD A, B (сложить A и B) прибавляет содержимое ячейки A (операнд источника) к содержимому ячейки B (операнд приемника). После ее выполнения ячейка B содержит сумму, при этом содержимое ячейки A остается без изменения.

Таким образом, адрес операнда, используемого в текущей команде, может быть задан одним из восьми (разряды 3—5) **методов адресации** с помощью одного из восьми (разряды 0—2) РОН ЦП. При этом методы 0, 2, 4, 6 (значение разряда 3 равно 0) являются методами прямой адресации; методы 1, 3, 5, 7 (значение разряда 3 равно 1) — методами косвенной адресации. При использо-

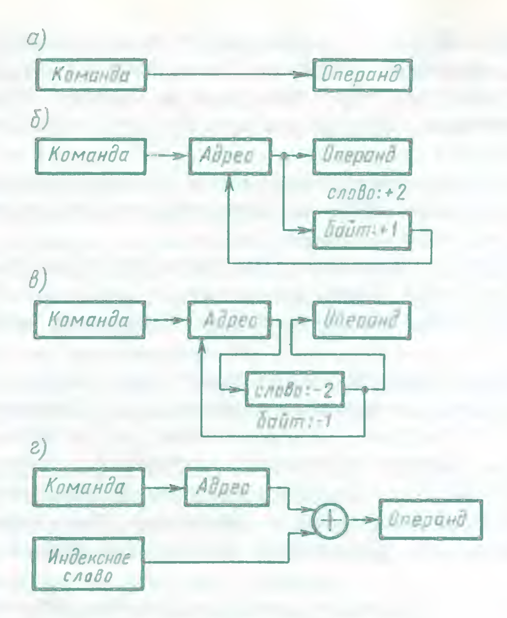


Рис. 1.11. Методы прямой адресации

вании в качестве РОН счетчика команд R7 (разряды 0—2 равны 1) применяются непосредственный, абсолютный и относительный методы адресации.

Рассмотрим более подробно методы адресации операндов.

Методы прямой адресации. На рис. 1.11 показаны последовательности операций выполнения команды каждым из четырех методов прямой адресации.

Регистровый метод адресации (рис. 1.11, *а*) использует любой из восьми регистров общего назначения как накопитель. При этом операнд находится в выбранном регистре. Так как РОН аппаратно реализованы в РАЛУ, они обладают более высоким быстродействием, чем любая память, работающая под управлением процессора. Это преимущество особенно проявляется при операциях с переменными, к которым приходится часто обращаться.

Автоинкрементный метод адресации (рис. 1.11, *б*) используется при автоматическом обращении с заданным шагом к последовательным элементам таблицы операндов. Содержимое выбранного регистра автоматически наращивается для возможности обращения к последующей ячейке. При байтовых операциях наращивание

происходит на 1, при операциях с полными словами — на 2, содержимое R6, R7 всегда наращивается на 2.

Автодекрементный метод адресации (рис. 1.11, *в*) также используется для обработки табулированных данных. Однако в отличие от автоинкрементного метода адресация к ячейкам массива осуществляется в противоположном направлении. При этом содержимое выбранного РОН уменьшается (для байтовых команд — на 1, для команд с полными словами — на 2), а затем используется как исполнительный адрес.

Сочетание автоинкрементного и автодекрементного методов адресации можно эффективно использовать для обработки стека.

Индексный метод адресации (рис. 1.11, *г*), при котором исполнительный адрес определяется как сумма содержимого выбранного РОН с индексным словом, позволяет осуществлять произвольный доступ к элементам структуры данных.

Методы косвенной адресации. Рассмотренные методы можно использовать с косвенной адресацией. Если в регистровом методе операндом является содержимое выбранного регистра, то в *косвенно-регистровом методе* содержимое выбранного регистра является адресом операнда. В остальных косвенных методах содержимое регистра позволяет выбрать адрес операнда, а не сам операнд.

На рис. 1.12, *а—г* показаны последовательности операций выполнения команды каждым из четырех методов косвенной адресации — *косвенно-регистровым, косвенно-автоинкрементным, косвенно-автодекрементным и косвенно-индексным.*

Использование счетчика команд (СК) в качестве регистра общего назначения. Если ЦП использует СК для выборки слова из памяти, то его содержимое автоматически увеличивается на 2. Новое содержимое СК является адресом слова, используемого при выполнении данной команды, или адресом следующей команды. При работе с байтами содержимое СК также увеличивается на 2.

Счетчик команд можно использовать во всех методах адресации, применяемых в микроЭВМ «Электроника 60». Однако наиболее эффективно он используется только в четырех методах: *непосредственном, абсолютном, относительном и косвенно-относительном.* Использование этих методов позволяет построить программы, работоспособ-

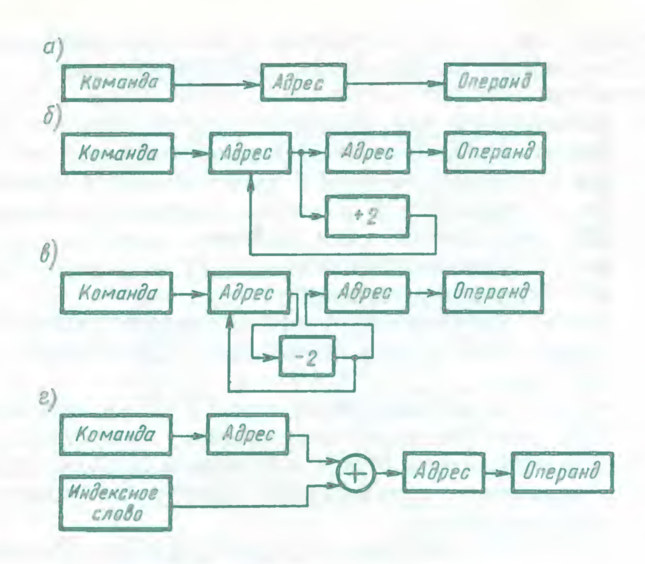


Рис. 1.12. Методы косвенной адресации

ность которых не теряется при перемещении в любую область памяти. В табл. 1.3 приведены методы адресации с использованием R7.

Рассмотренные четыре метода отличаются от описанных выше только тем, что в качестве РОН используют R7.

На рис. 1.13 показаны последовательности выполнения команд для методов адресации с использованием СК.

Таблица 1.3

Двоичный код	Наименование	Функция
010	Непосредственный	Операнд выбирается из ячейки, следующей за командным словом
011	Абсолютный	Из ячейки, следующей за командным словом, выбирается адрес операнда
110	Относительный	Операнд выбирается из ячейки, адрес которой определяется как сумма содержимого СК и ячейки, следующей за командным словом
111	Косвенно-относительный	Из ячейки, адрес которой определяется как сумма содержимого СК и ячейки, следующей за командным словом, выбирается адрес операнда

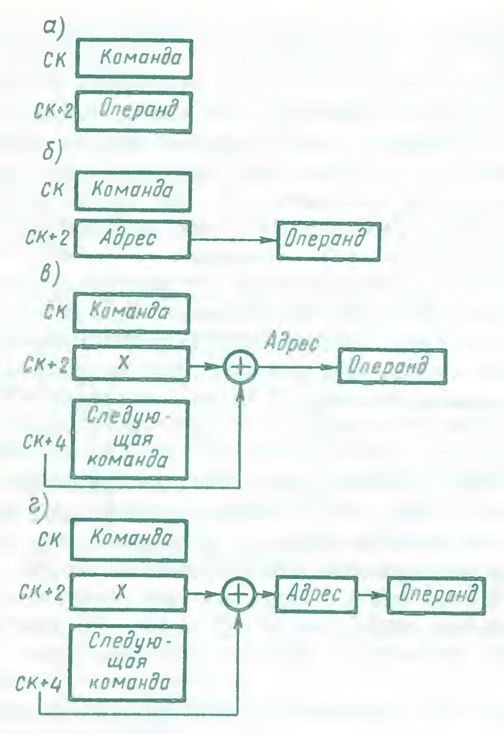


Рис. 1.13. Методы адресации с использованием счетчика команд

Эти методы значительно упрощают обработку данных, не сформированных в массивы.

Непосредственный метод адресации (рис. 1.13, *а*) имеет символическое обозначение # *n*. Он эквивалентен автоинкрементному методу адресации через СК. Этот метод удобен для написания программы с точки зрения экономии времени программиста, так как константа помещается в ячейку памяти вслед за командным словом.

Абсолютный метод адресации (рис. 1.13, *б*) имеет символическое обозначение @ # А. Он эквивалентен методу косвенно-автоинкрементной адресации через СК. Этот метод удобен тем, что адрес операнда является его абсолютным адресом (т. е. он остается постоянным независимо от места расположения программы в памяти).

Относительный метод адресации (рис. 1.13, *в*) имеет символическое обозначение Х(СК), где Х — исполнительный адрес по отношению к счетчику команд. Этот

метод эквивалентен методу индексной адресации через СК. Индексное слово хранится в следующей за командным словом ячейке и, будучи сложенным с содержимым СК, дает адрес операнда. Он удобен при написании программы, которая может располагаться в различных местах памяти, так как адрес операнда фиксируется по отношению к содержимому СК. При необходимости перемещения программы в памяти операнд перемещается на то же число ячеек, что и команда.

Косвенно-относительный метод адресации (рис. 1.13, *г*) имеет символическое обозначение @ X(СК), при этом X — адрес ячейки, содержащей исполнительный адрес по отношению к счетчику команд. Этот метод эквивалентен методу косвенно-индексной адресации через СК.

Использование указателя стека (УС) в качестве регистра общего назначения (РОН). Регистр R6, являясь одним из РОН, используется в ЦП как указатель адреса при обращении к той части памяти, которая отводится под стек. С помощью автодекрементной адресации через R6 данные записываются в стек, а с помощью автоинкрементной адресации данные выбираются из стека. Индексный метод адресации позволяет произвольно выбирать элементы стека.

Так как R6 используется для обслуживания прерываний, то уменьшение и увеличение его содержимого всегда производится на 2. В байтовых операциях, в которых используется УС, содержимое ячеек с нечетными адресами не изменяется.

1.4. Состав семейства микроЭВМ «Электроника 60»

Основными функциональными компонентами семейства микроЭВМ являются: микропроцессорный комплект БИС, центральный процессор, набор модулей, программное обеспечение и конструктивное исполнение. В настоящее время семейство микроЭВМ «Электроника 60» включает в себя микроЭВМ трех поколений: ряд «Электроника 60», ряд «Электроника 60-1», персональный вычислительный комплекс «Электроника МС 0585». Отдельные модели микроЭВМ внутри каждого ряда конструктивно совместимы, имеют набор базового комплекта БИС, единый состав (набор) программного обеспечения, достаточно близкие наборы команд, сориентированы на конкретную область применения. Каждое последующее поколение

является логическим развитием основных концепций предыдущего. Однако все модели данного семейства реализованы в полном соответствии с основными принципами построения базовой микроЭВМ данного семейства, описанными выше. Дадим краткую характеристику основным моделям и компонентам семейства микроЭВМ «Электроника 60».

На рис. 1.14 представлен состав семейства микроЭВМ «Электроника 60».

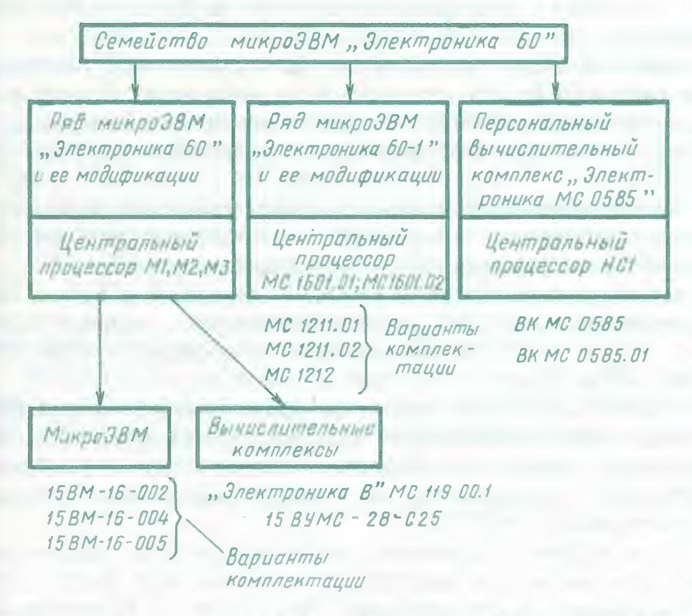


Рис. 1.14. Состав семейства микроЭВМ «Электроника 60»

МикроЭВМ ряда «Электроника 60» и ее модификации «Электроника 60М», «Электроника 60Т» представляют собой конфигурируемые пользователем модульные структуры. Такие конфигурации включают в себя помимо ЦП набор функциональных блоков (модули дополнительной памяти, контроллеры периферийных устройств и модули межпроцессорной связи). Под конкретным типом микроЭВМ в данном случае подразумевается тип используемого процессора. МикроЭВМ «Электроника 60», «Электроника 60М» и «Электроника 60Т», являющиеся аппаратно- и программно-совместимыми, различаются реализацией ЦП (модули М1, М2, М3 соответственно),

которые, в свою очередь, отличаются набором команд, быстродействием, степенью интеграции и объемом резидентной памяти. МикроЭВМ ряда «Электроника 60» выпускаются промышленностью в следующих вариантах комплектации:

15ВМ-16-002 — минимальный вариант, состоящий из ЦП и устройства управления типа В1, предназначенный для встраивания в управляемое оборудование;

15ВМ-16-004 — расширенный вариант, состоящий из ЦП, устройств управления типа В1 и В2 и источника питания;

15ВМ-16-005 — автономная вычислительная система, рассчитанная на одного пользователя; в ее состав входят комплект 15ВМ-16-004, электрическая пищущая машинка «Consul-260», фотосчитыватель и ленточный перфоратор ПЛ-150.

Вычислительные комплексы, включающие в состав помимо собственно микроЭВМ различного рода внешние устройства, выпускаются в следующих исполнениях:

«Электроника В» МС 11900.1, имеющий в своем составе перфоленточное устройство ввода — вывода, дисплей 15ИЭ-00-013 и печатающее устройство «ROBOTRON 1156»;

15ВУМС-28-025, в состав которого помимо микроЭВМ в исполнении 15ВМ-16-004 входят дисплей 15ИЭ-00-013, мозаичное алфавитно-цифровое печатающее устройство DZM-180 и накопитель на гибких магнитных дисках «Электроника ГМД 70».

Дальнейшим развитием ряда микроЭВМ «Электроника 60» являются микроЭВМ «Электроника 60-1» и ее модификации («Электроника МС 1211», «Электроника МС 1212»), обладающие более высоким (в 2—3 раза) быстродействием, расширенной системой команд (включая 46 команд над числами в формате с плавающей запятой), увеличенным объемом памяти (с расширением адресного пространства до 18(22) разрядов и использованием диспетчера памяти), возможностью мультипрограммного режима работы.

МикроЭВМ МС1211 выпускается в двух вариантах:

МС 1211.01 — встраиваемая модель, состоящая из каркаса, коммутационной панели и центрального процессора МС 1601.01, который обеспечивает формирование 18-разрядного адреса;

МС 1211.02 — модель, предназначенная для установки в стойки со стандартными размерами (СТ СЭВ

834—77) и включающая в себя центральный процессор МС 1601.01; ОЗУ емкостью 128 К байт; устройство аппаратной загрузки — диагностики МС 3401 и источник питания МС 92301.1.

МикроЭВМ МС 1212 имеет в своем составе:

центральный процессор МС 1601.02, обеспечивающий формирование 22-разрядного адресного слова, ОЗУ емкостью 256К байт; последовательный интерфейс МС 4601; устройство аппаратной загрузки — диагностики МС 3401; источник питания МС 92301.1.

Дальнейшим развитием микроЭВМ семейства «Электроника 60» явилась разработка персонального вычислительного комплекса «Электроника МС 0585», предназначенного для работы в АСУП, системах автоматизации научных и инженерных расчетов, обработки экономической и статистической информации.

Комплекс «Электроника МС 0585» выпускается в двух модификациях:

МС 0585, имеющая в своем составе системный модуль НС1 (ЦП, ОЗУ, ПЗУ и ряд контроллеров внешних устройств); видеоконтроллер НВ1; видеомонитор МС 6105.02; источник питания МС 9005;

МС 0585.01, имеющая в своем составе МС 0585; накопитель на гибком магнитном диске (НГМД), накопитель на магнитном диске (НМД), блок клавиатуры.

глава 2

МикроЭВМ ряда «Электроника 60»



Глава посвящена описанию микроЭВМ «Электроника 60», «Электроника 60М», «Электроника 60Т». Рассмотрены принципы построения и основные характеристики данных микроЭВМ, а также базового комплекта больших интегральных схем (БИС), функциональных модулей и вычислительных комплексов, реализованных на базе микроЭВМ «Электроника 60».

2.1. Базовый комплект больших интегральных схем

Схемотехнической основой построения микроЭВМ ряда «Электроника 60» является микропроцессорный комплект *n*-МОП БИС серии 581, имеющий следующие основные характеристики:

Уровень интеграции	— 4—13 тыс. элементов на кристалле
Площадь кристалла	— не более 30 мм^2
Рабочая частота динамической логики	— 2,5 МГц
Напряжение питания	— +5В±5%, +12В±5%, −5В±5%
Потребляемая мощность	— не более 0,5 Вт

Кристаллы БИС обеспечивают работу в диапазоне температур от —10 до +70°С и гарантируют наработку на отказ 15000—30000 ч.

Рассмотрим функциональное назначение БИС, входящих в состав микропроцессорного комплекта серии 581.

БИС управления (КР581 ИК2). Эта схема осуществляет связь регистрового арифметическо-логического устройства ЦП с линиями управляющих сигналов канала микроЭВМ и генерирует последовательность адресов микрокоманд, по которым производится обращение к БИС МПЗУ. Выбранная микрокоманда затем подается в

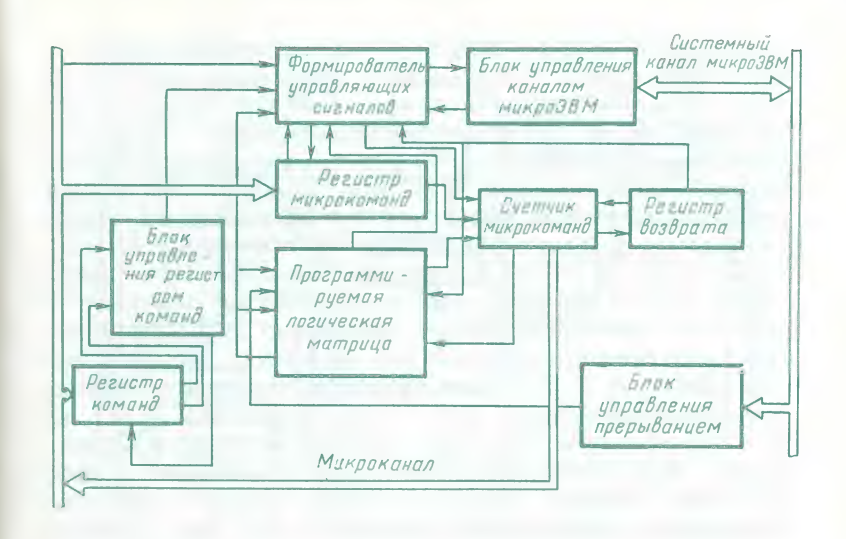


Рис. 2.1. Структурная схема БИС управления

БИС РАЛУ, однако микрокоманды различных переходов и ветвлений выполняет БИС управления, структурная схема которой показана на рис. 2.1. Она содержит следующие функциональные блоки:

— программируемую логическую матрицу (ПЛМ), выполняющую дешифрацию команд и выработку адресов микрокоманд для ПЗУ;

— регистр микрокоманд, используемый для хранения текущей микрокоманды;

— счетчик микрокоманд, запоминающий адрес ячейки ПЗУ, из которой производится выборка;

— регистр возврата, используемый для запоминания адреса возврата при обращениях к микроподпрограммам;

— регистр команд, предназначенный для хранения текущей команды и выдачи ее в блок управления регистром команд;

— блок управления каналом ЭВМ, вырабатывающий управляющие и синхронизирующие сигналы;

— блок управления прерыванием программы.

Связь ЦП с линиями управляющих сигналов канала ЭВМ осуществляется через блок управления каналом ЭВМ. Генерация адресов МПЗУ определяется текущим содержимым счетчика микрокоманд, выполняемой коман-

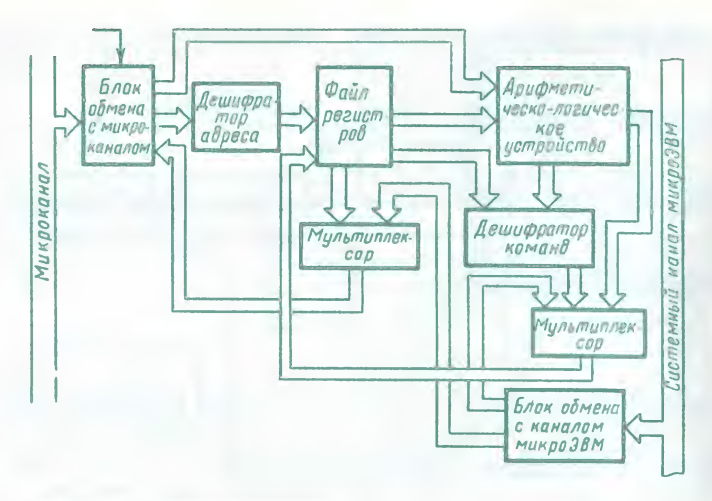


Рис. 2.2. Структурная схема БИС РАЛУ

дой, текущей микрокомандой, сигналами управления прерыванием и некоторыми другими специальными сигналами.

БИС регистрового арифметическо-логического устройства (КР581 ИК1). БИС РАЛУ предназначена для выполнения арифметическо-логических преобразований над данными и осуществления информационного обмена с каналом ЭВМ. БИС РАЛУ снабжена для этого необходимыми средствами передачи, хранения и преобразования информации и содержит следующие функциональные блоки (рис. 2.2):

— блок обмена с микроканалом;

— дешифратор адреса внутренних регистров, обеспечивающий адресацию к 26 регистрам;

— файл регистров для хранения часто используемых данных (включает РОН);

— арифметическо-логическое устройство (АЛУ), осуществляющее арифметические и логические операции, необходимые для выполнения команд;

— дешифратор команд условных переходов и логические схемы формирования признаков результата операции (кодов условий для команд ветвлений);

— блок обмена с каналом микроЭВМ, осуществляющий связь микропроцессора с информационными линиями канала ЭВМ.

Файл регистров состоит из 26 8-разрядных регистров из которых 10 регистров могут прямо адресоваться микрокомандами, 4 — либо прямо, либо косвенно, а оставшиеся 12 — только косвенно. Косвенная адресация осуществляется специальным 3-разрядным регистром, входящим в состав блока обмена с микроканалом, который можно загружать из адресного поля микрокоманды. При этом 12 косвенно адресуемых 8-разрядных регистров используются для реализации шести РОН (R0—R5). Четыре регистра, которые могут быть адресованы как прямо, так и косвенно (поскольку они осуществляют специальные функции процессора и к ним часто происходит обращение), содержат счетчик команд (СК) и указатель стека (УС). Пять оставшихся пар адресуемых регистров используются как рабочие регистры микропрограмм и обычно содержат команду, исполнительный адрес (адрес операнда), первый операнд, второй операнд, слово состояния процессора и другую информацию о состоянии процессора.

При этом 8-разрядное АЛУ обрабатывает два операнда, адресованных микрокомандой. Когда задана операция над полным 16-разрядным словом, исполнение происходит двойными циклами, при этом во втором цикле инвертируется младший разряд адреса каждого регистра, содержащего операнд. Таким образом, 16-разрядный регистр реализуется двумя последовательными 8-разрядными регистрами.

Пользователь имеет возможность программного доступа ко всем регистрам общего назначения (включая СК и УС) и к регистру состояния процессора.

БИС микрокомандного постоянного запоминающего устройства (МПЗУ) (КР581 РУ1, КР581 РУ2, КР581 РУ3). БИС МПЗУ (рис. 2.3) хранит микрокоманды, эмулирующие систему команд ЭВМ «Электро-

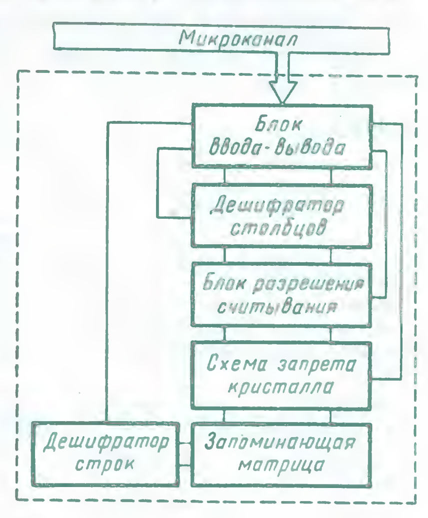


Рис. 2.3. Структурная схема БИС МПЗУ

ника 60», операции связи с пультовым терминалом и программу начального загрузчика.

Микрокомандное слово состоит из 22 разрядов, из которых 16 разрядов (0—15) содержат код микрооперации, разряд 16 используется для управления запоминанием адреса возврата из микроподпрограммы, разряд 17 инициирует выборку команды, разряды 18—21 выполняют специальные управляющие функции.

Необходимо отметить, что БИС КР581 РУ1 и КР581 РУ2 содержат микрокоманды, эмулирующие стандартный набор системы команд, БИС КР581 РУ3 — микрокоманды, эмулирующие операции расширенной арифметики и с плавающей запятой.

2.2. Центральный процессор

Как отмечено выше, микроЭВМ «Электроника 60» и ее модификации представляют собой конфигурируемые пользователем модульные структуры, которые наряду с ЦП включают в себя набор функциональных модулей, взаимодействующих с ЦП через системный канал микроЭВМ.

МикроЭВМ «Электроника 60», «Электроника 60М» и «Электроника 60Т», являющиеся аппаратно- и программно-совместимыми, в основном различаются реализацией ЦП (модули М1, М2 и М3 соответственно).

Основные характеристики данных модулей представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Основные технические характеристики	Модель ЦП		
	М1	М2	М3
Разрядность слова	16	16	16
Объем логического адресного пространства, К слов	32	32	32
Емкость резидентного ОЗУ, К слов	4	4	—
Число команд	73	81	73
Быстродействие, оп/с	250 000	250 000	330 000
Разрядность чисел с плавающей запятой	—	32	—
Число БИС, входящих в состав ЦП	4	5	1
Размер платы ЦП, мм	240×280	240×280	240×135

Структура и технические характеристики. Подробнее структуру ЦП, технические характеристики и особенности рассмотрим на примере наиболее часто используемого ЦП М2:

Масса	— не более 0,8 кг
Максимальный электрический ток, потребляемый ЦП:	
— от источника +5 В	— не более 2,5 А
— от источника +12 В	— не более 1,5 А
Система счисления для чисел и команд	— двоичная
Разрядность для чисел и команд	— 16 двоичных разрядов
Принцип работы основных устройств	— параллельный
Система команд	— безадресная, одноадресная, двухадресная
Виды адресации	— регистровая, косвенно-регистровая, автоинкрементная, косвенно-автоинкрементная, автодекрементная, косвенно-автодекрементная, индексная, косвенно-индексная
Число регистров общего назначения	— 8
Число каналов передачи информации	— 1
Число уровней запроса канала внешними устройствами	— 3
Число уровней запроса канала, на которых возможно прерывание программы	— 2, в том числе один уровень запроса от таймера с постоянным адресом вектора прерывания
Обработка внешних и внутренних прерываний выполняется с помощью памяти магазинного типа (стека)	
Число команд	— 81
Число двухадресных команд	— 8
Число команд расширенной арифметики (РА)	— 4
Число команд для вычислений с плавающей запятой (ПЗ)	— 4
Емкость резидентного оперативного запоминающего устройства (ОЗУ)	— 4 К 16-разрядных слов
Время обращения к ОЗУ	— не более 700 нс
Длительность цикла работы ОЗУ	— не более 2,4 мкс
Время выполнения двухадресных команд типа «Сложение» при регистровом методе адресации	— 4 мкс
Время выполнения одноадресных команд типа «Очистка»	— 4,4 мкс

при регистровом методе адресации	
Время выполнения одноадресных команд типа «Очистка» при косвенно-регистровом методе адресации	— 7,6 мкс
Время выполнения двухадресных команд типа «Сложение» с плавающей запятой	— не более 218 мкс
Время выполнения двухадресных команд типа «Умножение» с плавающей запятой	— не более 360 мкс

Структурная схема ЦП М2 представлена на рис. 2.4, общий вид — на рис. 2.5.

Синхронизация работы всех БИС, входящих в состав ЦП, обеспечивается неперекрывающимися тактирующими сигналами генератора (фазами Ф1, Ф2, Ф3 и Ф4). Типичный цикл работы генератора составляет 400 нс (по 100 нс на каждый такт).

Временны́е диаграммы тактирующих импульсов представлены на рис. 2.6.

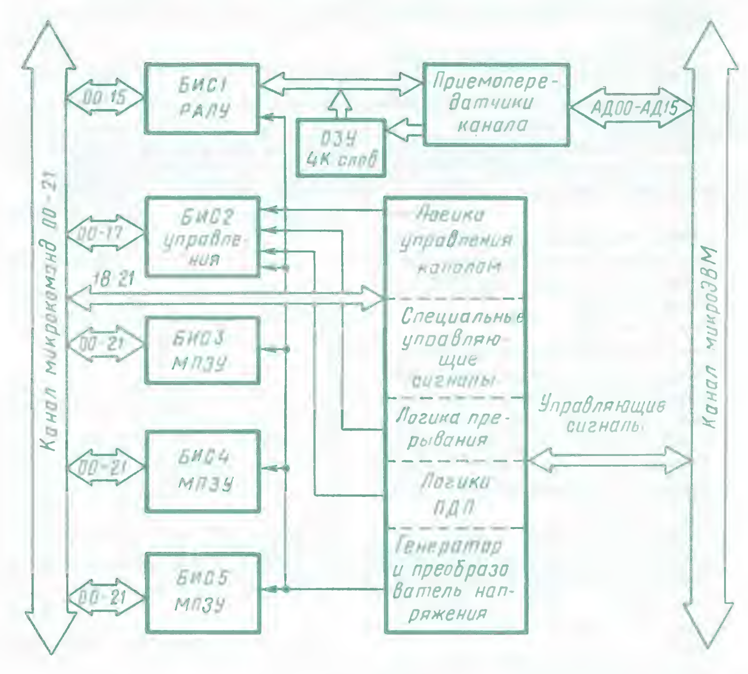


Рис. 2.4. Структурная схема ЦП М2

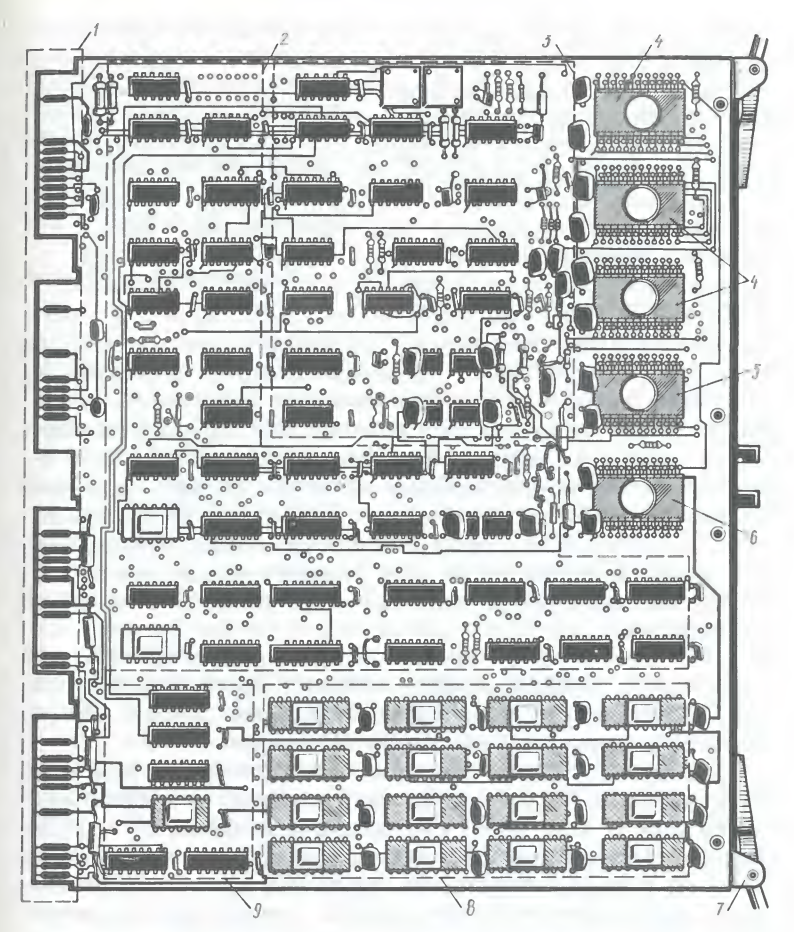


Рис. 2.5. Общий вид ЦП М2:

1 — плоский разъем для связи с каналом микроЭВМ; *2* — логика ПДП, прерывания и управления каналом, *3* — генератор и преобразователь напряжения; *4* — большие интегральные схемы БИС 5, БИС 4, БИС 3 МПЗУ соответственно; *5* — БИС 2 управления; *6* — БИС 1 РАЛУ; *7* — фиксирующее устройство; *8* — ОЗУ 4 К слов; *9* — приемопередатчики канала

Наличие четырехфазной синхронизации в ЦП позволяет реализовать конвейерный принцип обработки на микропрограммном уровне: выборка микрокоманд из МПЗУ и их исполнение в РАЛУ осуществляются параллельно.

Режимы работы. Специальными перемычками, установленными на модулях ЦП М2, пользователь может за-

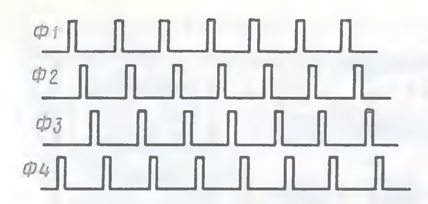


Рис. 2.6. Временные диаграммы тактирующих импульсов

давать следующие режимы работы: выбор одного из четырех (0—3) режимов пуска при включении питания; выбор адреса банка резидентной памяти; запрет прерывания по таймеру; регенерация памяти.

Рассмотрим кратко особенности выполнения данных режимов.

В ы б о р р е ж и м а п у с к а п р и в к л ю ч е н и и п и т а н и я. Поскольку ЦП используется в различных системах, в том числе с памятью без сохранения информации при отключении питания (полупроводниковое ОЗУ) или с сохранением информации (ПЗУ, МОЗУ), пользователь может выбрать один из четырех режимов пуска при включении питания с помощью двух перемычек. Следует иметь в виду, что перемычками определяются только режимы пуска при включении или восстановлении питания, когда сигналы АСП и АИП становятся активными.

Для выполнения последовательности операций при включении питания имеет значение состояние сигнала ОСТ. Если он активен, то вызывается выполнение микропрограммы связи с пультовым терминалом.

Режим 0. Процессор выполняет последовательность микрокоманд, которые извлекают содержимое ячеек 24 и 26 памяти и загружают его соответственно в СК и РСП. Затем микропрограмма проверяет состояние сигнала ОСТ. В зависимости от его состояния процессор выполняет либо микропрограмму связи с пультовым терминалом (ОСТ — низкий уровень), либо программу использования текущего содержимого СК в качестве стартового адреса.

Описываемый режим следует использовать только в двух случаях: 1) память не теряет информацию при отключении питания; 2) при включении питания вырабатывается активный сигнал ОСТ.

Режим 1. Процессор сразу переводится на выполнение микропрограммы связи с пультовым терминалом независимо от состояния сигнала ОСТ.

Режим 2. Процессор выполняет микропрограмму, которая загружает в СК стартовый адрес 173 000 и, если не вырабатывается сигнал ОСТ, начинает выполнение про-

граммы. Этот режим следует использовать, когда ячейка с адресом 173 000 принадлежит памяти, не теряющей информацию при отключении питания. Если в системе нет устройства с таким адресом, то программа прерывается по вектору с адресом 4. Если вырабатывается сигнал ОСТ, процессор не выполняет команду из ячейки 173 000, а сразу же выполняет микропрограмму связи с пультовым терминалом.

Режим 3. Последовательность микрокоманд позволяет обращаться к той области МПЗУ, которая зарезервирована под микропрограммы пользователя, расширяющие возможности процессора (страница 4 МПЗУ, ячейки 3000—3777). Если в странице 4 нет МПЗУ, выполняется микропрерывание через микроячейку 0000, которое вызовет прерывание по выполнению команды с резервным кодом операции (по вектору с адресом 10). Следует отметить, что до передачи управления странице 4 МПЗУ состояние сигнала ОСТ не проверяется. Этот режим является резервным и в микроЭВМ не используется.

Выбор адреса банка резидентной памяти. В зависимости от установки пользователем одной из двух перемычек адрес резидентной памяти воспринимается ЦП как адрес нулевого (ячейки 000 000—17 776) или первого банка (ячейки 20000—37776).

Запрет прерывания по таймеру с запуском от сети. Прерывание программы по таймеру (или внешнему событию) разрешено, если соответствующая перемычка удалена и процессор находится в режиме программной работы.

Регенерация памяти. Режим используется в том случае, если ЦП работает с динамической памятью (резидентная память или модули ОЗУ). Операция регенерации может проходить под управлением устройства ПДП.

Если последовательность операций по регенерации выполняется под управлением центрального процессора, то через каждые 2 мс вырабатывается требование прерывания по регенерации. Процесс регенерации занимает около 150 мкс, в течение которых внешние прерывания игнорируются.

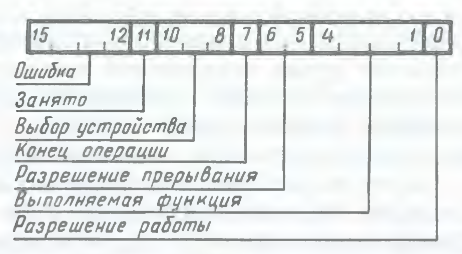
Организация обмена ЦП с внешними устройствами. Для организации обмена каждое внешнее устройство (ВУ) должно иметь один или несколько регистров (регистры данных, регистры состояний и т. д.), адреса которых определяет пользователь.

Как правило, регистры ВУ имеют четные адреса, однако при помощи байтовых команд можно обращаться к любому байту 16-разрядного регистра.

Восемь 16-разрядных регистров с адресами 177 550—177 566 зарезервированы для регистров стандартных устройств ввода — вывода информации (см. § 1.3), использовать эти адреса для других целей не рекомендуется.

Различные разряды регистров ВУ могут выполнять разные функции. Одни из них используются как для записи, так и для считывания информации, другие — только для записи или только для считывания. Типичный пример разряда, используемого для считывания и записи, — разряд разрешения прерывания регистра состояния ВУ; разряда, только принимающего информацию, — разряд пуска; разряда, используемого только для считывания, — разряд ошибки регистра состояния ВУ.

Рекомендуемый формат регистров состояния ВУ имеет следующий вид:



Он является не обязательным и приводится только для облегчения разработки и организации работы различных устройств в системе с единым каналом передачи информации, а также для наиболее эффективного использования системы команд микроЭВМ «Электроника 60М».

Каждое внешнее устройство может иметь несколько различных регистров. Рассмотрим назначение некоторых основных регистров внешних устройств:

— регистр состояния (РС) содержит информацию об операции, выполняемой ВУ, характеризует состояние ВУ и участвует в операциях по прерыванию программы;

— регистр данных (РД) используется при обмене данными между ЦП и ВУ;

— регистр адреса памяти (РАП) используется для хранения адресов ячеек памяти при передаче массивов слов или байтов. Содержимое этого регистра наращивается после передачи каждого слова;

— регистр счета слов (РСС) используется для управления размером передаваемого массива данных. Информация в РСС заносится из ЦП;

— регистр адреса устройства (РАУ) используется для хранения номера дорожки или блока в запоминающих устройствах большой емкости.

Программный режим работы. Логика устройства пользователя, работающего в программном режиме, показана на рис. 2.7. Так как число и функциональное назначение регистров, а также логика, связанная непосредственно с периферийным устройством, определяются пользователем, на рис. 2.7 показана только логика управления, связанная с каналом ЭВМ.

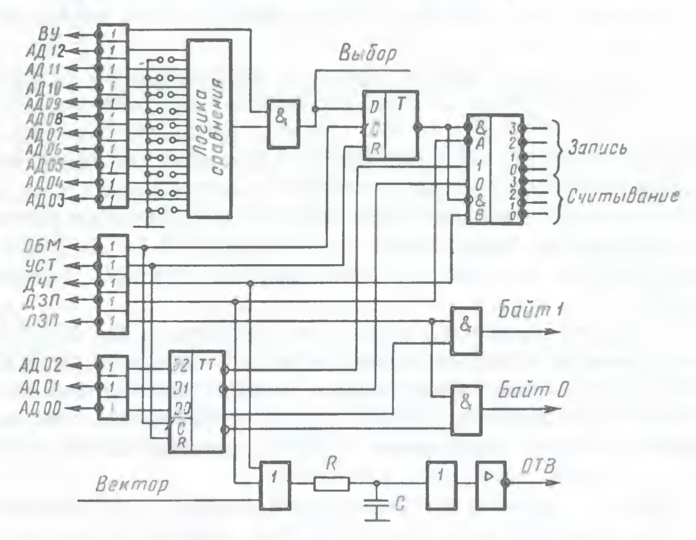


Рис. 2.7 Логика реализации программного режима работы

В микроЭВМ «Электроника 60» последние 4К адресов зарезервированы для внешних устройств, поэтому при обращении к ним ЦП вырабатывает сигнал ВУ. Сигналы ВУ и АД01—АД12 обеспечивают выбор любого 16-разрядного регистра, адрес которого находится в пределах 160 000—177 776. Адреса регистров ВУ задаются перемычками или переключателями на входах схемы сравнения адреса, и их конфигурация определяется пользователем.

На рис. 2.7 показано устройство, управляющее четырьмя программно-доступными регистрами. Разряды

адреса 03—12 определяют выбор устройства, разряды 01, 02 выбирают регистр, а разряд 00 определяет, к какому байту регистра (старшему или младшему) идет адресация. Сигнал ОБМ информирует о том, что на линиях АД00—АД15 установлен адрес. Если сигнал ВЫБОР после окончания адресной части цикла канала будет активным, то после поступления сигналов ДЧТ или ДЗП, а также сигнала ПЗП дешифратор вырабатывает сигналы выбора регистров. Эти сигналы можно использовать для стробирования регистров, причем каждый сигнал определяет характер обращения к ним.

Если устройство управления имеет более четырех программно-доступных регистров, то выбор регистра осуществляется при помощи необходимого числа младших разрядов адреса.

После того как данные приняты или переданы устройством пользователя, логика управления должна выработать сигнал ОТВ. Если этот сигнал не будет передан в течение 10 мкс, то ЦП перейдет на подпрограмму обслуживания внутреннего прерывания с адресом вектора 4. Если устройство пользователя способно работать в режиме прерывания программы, то сигнал ОТВ должен вырабатываться и при передаче адреса вектора прерывания.

Режим прерывания программы. Устройство пользователя, способное работать в режиме прерывания программы, обеспечивает выработку сигнала требования прерывания (ЗПР), прием и передачу сигнала предоставления прерывания (ПРР), формирование и передачу адреса вектора прерывания.

Схема основных логических функций, необходимых для обеспечения работы устройства пользователя в режиме прерывания, приведена на рис. 2.8. Она позволяет вызывать прерывание программы по двум независимым запросам.

Логика прерывания содержит четыре триггера: ТР1, ТР2, ТР3, ТР4, — которые соответствуют разрядам двух регистров состояния устройства пользователя. Управление этими триггерами осуществляется при помощи сигналов выбора регистров.

Если устройство пользователя готово к обслуживанию в режиме прерывания программы, то оно вырабатывает активный уровень сигнала ГОТОВО А. Этот сигнал, объединяясь по И с сигналом ТР1$_a$, устанавливает триггер ТР3, разрешая тем самым выработку сигнала

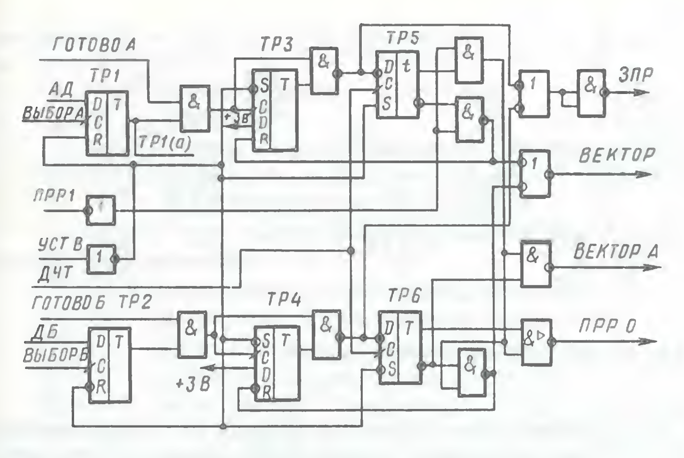


Рис. 2.8. Логика управления прерыванием программы

ЗПР. Если же сигнал ГОТОВО А будет сброшен, то это вызовет очистку линии ЗПР. Центральный процессор, получив сигнал ЗПР, вырабатывает сигналы ДЧТ и ПРР. Устройство пользователя принимает эти сигналы, очищает триггер ТР5 и запрещает дальнейшее распространение сигнала ПРР по каналу ЭВМ. Кроме того, триггер ТР5 вырабатывает активные сигналы ВЕКТОР и ВЕКТОР А, первый из которых разрешает передачу адреса вектора прерывания, а второй участвует в его формировании. Сигнал ВЕКТОР А обычно поступает на мультиплексор выходных данных и определяет адрес вектора А или Б.

При одновременном возникновении требований прерывания А и Б первым удовлетворяется требование А. Таким образом, устройство, вырабатывающее требование А, имеет более высокий приоритет обслуживания.

Режим прямого доступа к памяти. Устройство пользователя, способное работать в режиме ПДП, должно обеспечивать формирование адресов ячеек памяти, прием и передачу данных, контролировать длину передаваемого массива данных, иметь логику предоставления ПДП, показанную на рис. 2.9.

Если устройству пользователя требуется прямой доступ к памяти, то оно вырабатывает сигнал ТРБ, который должен оставаться активным до тех пор, пока не закончится текущий цикл обращения к каналу. В это время по сигналу ТРБ вырабатывается сигнал ЗМ. После

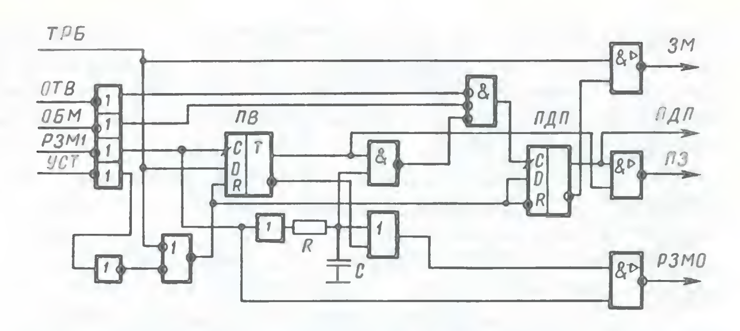


Рис. 2.9. Логика прямого доступа к памяти

того как предыдущее активное устройство освобождает канал, ЦП вырабатывает сигнал РЗМ. Сигнал РЗМ устанавливает триггеры подтверждения выбора ПВ и прямого доступа к памяти. Установленный триггер ПДП прекращает выработку сигнала ЗМ. Его можно использовать и для разрешения устройству пользователя начать цикл обращения к каналу. Триггер ПВ вызывает выработку сигнала ПЗ, который остается активным до тех пор, пока устройство пользователя не закончит обмен данными в режиме ПДП.

Если устройство пользователя не требовало прямого доступа к памяти, то триггер ПВ устанавливается в 0 и сигнал передается к следующему устройству.

Если в системе имеется динамическая память, для которой необходима регенерация, устройство ПДП использует одиночные циклы обращения к каналу. При необходимости обмена массивами данных устройство ПДП осуществляет регенерацию памяти.

При разработке устройств, подключенных к каналу микроЭВМ, следует помнить, что линии ПРР и РЗМ проходят последовательно через все устройства. Если устройство пользователя не предназначено для работы в режимах прерывания или прямого доступа, то должны быть предусмотрены специальные перемычки, позволяющие следующим устройствам принять сигналы ПРР и РЗМ.

Система команд. Как видно из табл. 2.1, центральные процессоры М1 и М3 выполняют 73 команды в формате с фиксированной запятой, М2 реализует дополнительно 8 команд:

4 команды расширенной арифметики (РА) для осу-

ществления операций над числами с фиксированной запятой:

MUL — умножение,
DIV — деление,
ASH — арифметический сдвиг 16-разрядного слова,
ASHC — арифметический сдвиг двойного (32-разрядного) слова;

4 команды для выполнения операций над числами с плавающей запятой:

FADD — сложение с плавающей запятой,
FSUB — вычитание с плавающей запятой,
FMUL — умножение с плавающей запятой,
FDIV — деление с плавающей запятой.

Времена выполнения конкретных программ зависят как от набора и временны́х характеристик реализуемых ЦП команд, так и от временны́х соотношений выполнения режимов прерывания и регенерации памяти. Кратко рассмотрим данные соотношения для ЦП М2.

Полное время выполнения команды $T_п$ складывается из времени выполнения команды $T_к$, времени выборки операнда источника $T_и$ и времени выборки операнда приемника $T_{пр}$:

$$T_п = T_к + T_и + T_{пр}.$$

В табл. 2.2 указывается время выборки операндов источника и приемника в зависимости от используемых методов адресации. Времена приводятся для ЦП М2, у которого машинный цикл равен 400 нс.

Максимальное время между требованием прямого доступа и первым циклом обмена под управлением устройства ПДП составляет 7,2 мкс.

Таблица 2.2

Метод адресации	Время выборки операнда источника, мкс		Время выборки операнда приемника, мкс	
	слово	байт	слово	байт
0	0	0	0	0
1	1,6	1,2	2,4	2,0
2	1,6	1,2	2,4	2,0
3	4,0	3,6	4,8	4,8
4	2,4	2,0	3,2	2,8
5	4,8	4,4	5,6	5,6
6	4,8	4,6	5,6	5,2
7	7,2	6,8	7,6	8,0

Полное время (максимальное) между требованием обслуживания прерывания и выборкой первой обслуживающей команды (для случая выполнения ЦП микропрограммы регенерации памяти) составляет 154 мкс и складывается из:

— времени между требованием прерывания и предоставлением прерывания — 135 мкс;

— времени между предоставлением прерывания и выборкой первой обслуживающей команды — 19 мкс.

Аналогично, эти максимальные времена для случая, когда ЦП не занят выполнением микропрограммы регенерации памяти, составляют соответственно:

40, 21 и 19 мкс (при отсутствии в программе команд РА и ПЗ);

51, 32 и 19 мкс (при наличии в программе команд РА и ПЗ).

При выполнении команд РА и ПЗ периодически проверяется наличие требования прерывания от внешних устройств. Если оно есть, то ЦП прекращает выполнение команды РА или ПЗ и возвращается в состояние, предшествующее выполнению этой команды. После выполнения программы обслуживания прерывания процессор начинает выполнение прерванной команды РА или ПЗ сначала. Поэтому не следует вырабатывать сигнал требования прерывания с частотой свыше 3 кГц, если в программе используются команды РА или ПЗ.

2.3. Функциональные модули

Функциональные возможности и структура вычислительных систем, создаваемых на основе микроЭВМ, зависят не только от характеристик центрального процессора и запоминающих устройств, но и от наличия функциональных модулей.

Для построения на базе ЦП М2 (М1, М3) микроЭВМ и вычислительных комплексов с расширенными функциональными возможностями разработан набор функциональных модулей (ФМ), совместимых с системным каналом микроЭВМ. Данные модули могут быть условно разделены на следующие основные группы: модули памяти; модули управления штатными периферийными устройствами; модули связи с объектом и межпроцессорной связи.

В группу модулей памяти входят ряд модулей ОЗУ и модули постоянной памяти.

Группа модулей управления включает в себя аппаратные средства для работы с устройствами внешней памяти (накопителями на гибких магнитных дисках, «жестких» магнитных дисках и магнитных лентах), а также для работы со штатными устройствами ввода — вывода данных (фотосчитывателем, электрической пишущей машинкой, перфоратором, мозаичным устройством печати типа DZM-180 или ROBOTRON-1156 и перфоленточным устройством ввода—вывода).

Принципиальным условием эффективного использования микроЭВМ в задачах автоматизации научных исследований и проектирования является наличие развитого набора модулей связи с объектами [модули последовательного и параллельного обмена, интерфейса прямого доступа к памяти (ПДП), модули аналого-цифрового и цифроаналогового преобразования (АЦП и ЦАП), совместимые с каналом микроЭВМ, а также быстродействующие периферийные процессоры].

Рассмотрим работу и основные характеристики ФМ, наиболее часто используемых в различных конфигурациях микроЭВМ и вычислительных комплексов.

Типичный представитель группы модулей памяти — устройство П3, общий вид которого представлен на рис. 2.10, — является полупроводниковой памятью динамического типа емкостью 16К 16-разрядных слов (4 банка памяти по 4К 16-разрядных слов). Адрес конкретного банка памяти устанавливается пользователем с помощью движкового модульного переключателя. Питание модуля осуществляется от источников постоянного тока напряжением $+5В \pm 5\%$ и $+12В \pm 3\%$; мощность, потребляемая от источников, не более 3,5 Вт и не более 11 Вт соответственно. Габаритные размеры модуля $252 \times 143 \times 12$ мм, масса не более 0,35 кг.

Данные могут записываться в память или считываться из нее ЦП микроЭВМ либо другим активным устройством, работающим в режиме ПДП, при выполнении следующих циклов обращения к памяти:

СЧИТЫВАНИЕ 16-разрядного слова;

ЗАПИСЬ 16-разрядного слова или 8-разрядного байта;

СЧИТЫВАНИЕ — МОДИФИКАЦИЯ — ЗАПИСЬ слова или байта.

Циклы работы памяти осуществляются в соответствии с временными диаграммами обмена, приведенными на

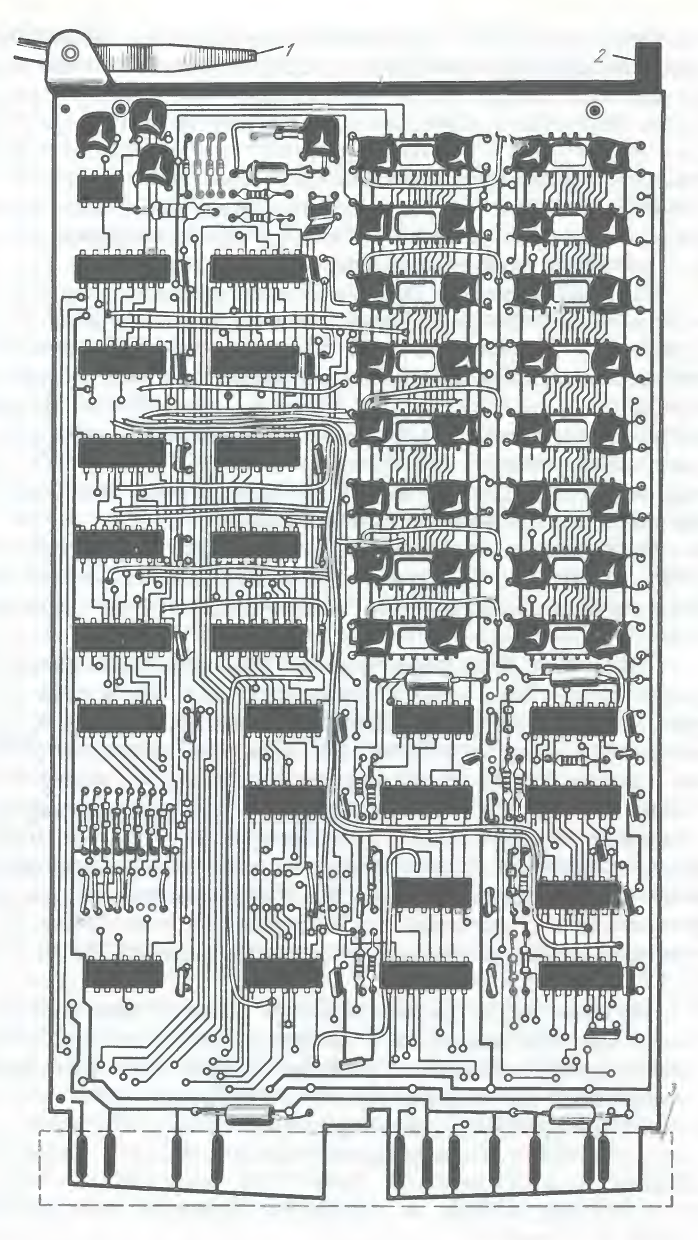


Рис. 2.10. Общий вид устройства ПЗ:

1 — фиксирующее устройство; *2* — ограничитель, *3* — плоский разъем для соединения с каналом микроЭВМ

рис. 1.8—1.10. При работе в режиме ПДП устройство П3 имеет следующие параметры:

время выборки — не более 0,2 мкс;

длительность цикла обращения к памяти — не менее 0,4 мкс;

длительность цикла обращения к памяти при регенерации — не менее 0,8 мкс.

Для микросхем памяти, используемых в устройстве П3, через каждые 2 мс осуществляется регенерация, так как в противном случае происходит потеря хранимой информации. Эта операция выполняется микропрограммно под управлением ЦП микроЭВМ или другого активного устройства, работающего в режиме ПДП. Регенерация заключается в выполнении 64 циклов считывания при адресации по строкам.

Модули управления штатными периферийными устройствами. Устройство В1 предназначено для управления электрифицированной пищущей машинкой «Consul-260» (ЭПМ) и фотоэлектрическим устройством ввода с перфоленты FS-1501 (ФУВ). Питание модуля осуществляется от источников постоянного тока напряжением +5 В ± 5% и +12 В ± 3%. Мощность, потребляемая от этих источников, не более 6,5 Вт и не более 18 Вт в импульсе соответственно. Габаритные размеры модуля 252 × 296 × 12 мм, масса не более 0,4 кг.

Устройство В1 обеспечивает ввод данных от ЭПМ в микроЭВМ и вывод их на печать со скоростью не менее 8—10 зн/с, а также ввод данных от фотоэлектриче-

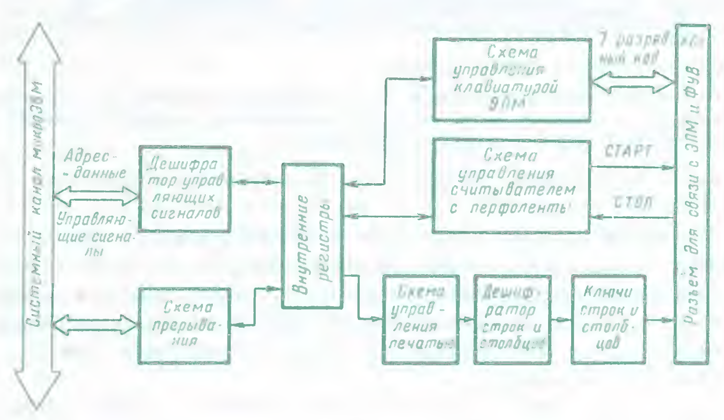


Рис. 2.11. Структурная схема устройства В1

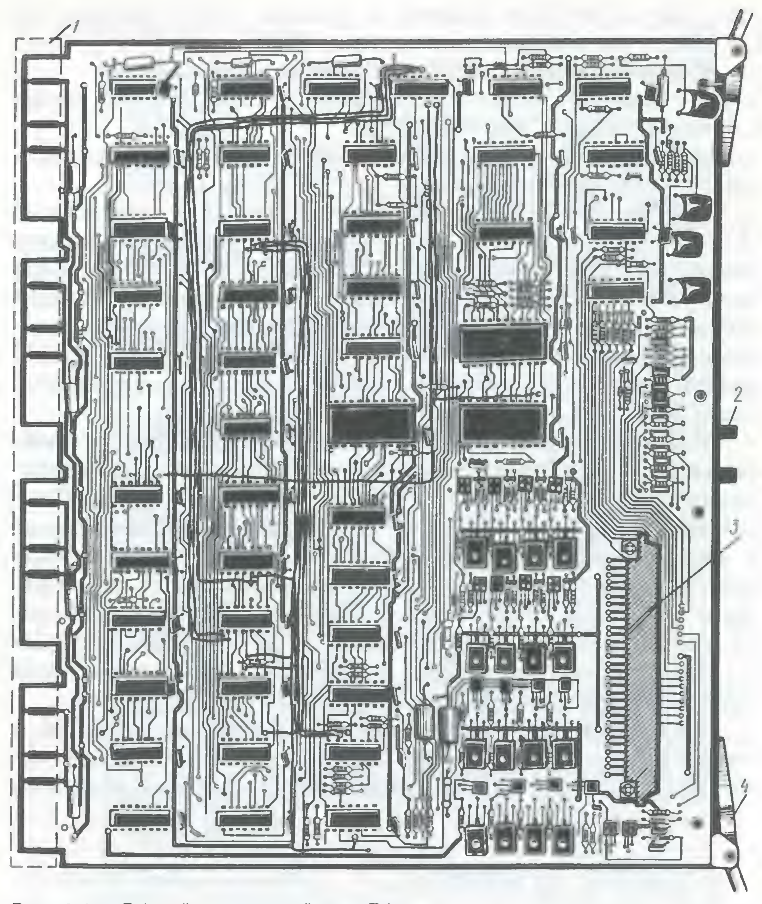


Рис. 2.12. Общий вид устройства В1:

1 — плоский разъем для соединения с каналом микроЭВМ, *2* — ограничитель; *3* — разъем для связи с электрифицированной пишущей машинкой и фотосчитывателем; *4* — фиксирующее устройство

ского устройства ввода с перфоленты со скоростью не менее 700 строк/с.

Устройство В1, структурная схема которого представлена на рис. 2.11, а общий вид — на рис. 2.12, содержит следующие схемы: дешифратор управляющих сигналов; схему управления клавиатурой ЭПМ; схему управления считывателем с перфоленты; схему управления печатью; схему прерывания.

Дешифратор управляющих сигналов и схема управления обеспечивают управление обменом данными между

устройствами ввода — вывода и ЦП. Обмен данными осуществляется с помощью программных операций с опросом флага (ЦП непрерывно проверяет готовность ЭПМ или ФУВ к работе по состоянию их флаговых триггеров) или с использованием средств прерывания (в случае программного разрешения прерывания ЭПМ или ФУВ является инициатором выработки сигнала прерывания).

Центральный процессор осуществляет управление устройствами ввода — вывода с помощью внутренних регистров устройства В1, которые имеют следующие адреса:

РССП (регистр состояния ФУВ) — 177 550
РДСП (регистр данных ФУВ) — 177 552
РСКЛ (регистр состояния клавиатуры) — 177 560
РДКЛ (регистр данных клавиатуры) — 177 562
РСПЧ (регистр состояния печати) — 177 564
РДПЧ (регистр данных печати) — 177 566

В режиме прерывания в ЦП посылается адрес вектора прерывания, указывающий стартовый адрес программы обслуживания устройства ввода — вывода:

клавиатура ЭПМ-60, печать ЭПМ-64, ФУВ-70.

При обращении ЦП к регистрам устройства В1 осуществляется дешифрация кодов адреса, результат которой запоминается в адресном регистре по переднему фронту сигнала ОБМ. При этом осуществляется выборка конкретного регистра и формирование управляющих сигналов.

Схема прерывания предназначена для выработки сигнала запроса прерывания ЗПР и передачи адреса вектора прерывания. Для этого программно в цикле ВЫВОД в разряд 06 регистра состояния соответствующего устройства заносится 1 — признак разрешения прерывания ЦП от данного внешнего устройства. В момент готовности устройства к обмену данными оно вырабатывает соответствующий сигнал (ГОТОВ). При этом в разряд 07 соответствующего данному устройству регистра состояния устанавливается 1 — требование обслуживания. После этого формируется канальный сигнал ЗПР и по окончании выполнения ЦП очередной команды формируется диаграмма обработки прерывания.

Схема управления клавиатурой ЭПМ предназначена для приема кода символа и передачи его в ЦП. В ЭПМ «Consul-260» используются коды, соответствующие ГОСТ 13052—74. При нажатии на любую клавишу пе-

чатающего механизма через внешний разъем в устройство В1 выдается 7-разрядный код, сопровождаемый сигнальным импульсом (СИ1). Данный код поступает на ПЗУ. Сигнальный импульс СИ1 запускает схему формирования стробирующего импульса, разрешающего работу ПЗУ, с выхода которого код, соответствующий нажатой клавише, заносится в РДКЛ.

Считывание данных с перфоленты происходит в старт-стопном режиме. При этом управление движением перфоленты осуществляется сигналами СТАРТ и СТОП, управляющими соответствующими электромагнитами. Схема управления считывателем с перфоленты вырабатывает импульс СТАРТ, осуществляет протяжку ленты и занесение данных в регистр РДСП. После этого вырабатывается сигнал ГОТОВ, являющийся требованием ввода данных в ЦП, и открывается ключ СТОП. Таким образом, движение перфоленты прекращается после окончания считывания каждой строки.

Информация, предназначенная для вывода на печатающее устройство, поступает из канала на вход РДПЧ, с выхода которого передается на входы дешифратора, выполненного на микросхемах ПЗУ. Выходы дешифратора соединены с ключами столбцов и строк, управляющих электромагнитами печатающего механизма. Появление сигнала ГОТОВ означает, что печатающий механизм готов к печати и требует занесения кода знака в РДПЧ.

Конструктивно устройство В1 может быть установлено в любую свободную позицию канала микроЭВМ. Связь В1 с устройствами ввода — вывода ЭПМ и СП осуществляется с помощью 60-контактного разъема (ХС1) типа СН053-60/93 $\times$ 9В-23.

Устройство В21 предназначено для управления выводом данных из ЭВМ «Электроника 60» на перфоратор ленточный ПЛ-150. Питание устройства осуществляется от источника постоянного тока напряжением $+5$ В $\pm 5\%$ с потребляемой мощностью не более 3 Вт, габаритные размеры модуля $252 \times 143 \times 12$ мм, масса не более 0,26 кг. Скорости вывода данных на перфоратор: $(75 \pm 7{,}5)$, (100 ± 10) и (150 ± 15) строк/с. Обмен данными между ЦП микроЭВМ и перфоратором, а также управление режимом обмена осуществляется с помощью внутренних регистров, имеющих следующие адреса:

регистр состояния ПЛ (РСПЛ) — 177 554; регистр данных ПЛ (РДПЛ) — 177 556.

При включении микроЭВМ вырабатывается каналь-

ный сигнал УСТ, который осуществляет начальную установку внутренних схем устройства В21. Вывод данных из ЦП осуществляется программным путем или средствами прерывания (адрес вектора прерывания — 74).

Устройство И4 представляет собой интерфейс накопителя на гибких магнитных дисках (НГМД) типа «Электроника ГМД-70», рассчитанного на установку двух гибких дисков (дискет) емкостью 256 К байт каждый. Тракт НГМД обеспечивает скорость обмена информацией 50 К байт/с и среднее время поиска информации 500 мс.

Устройство И4 предназначено для выполнения следующих функций:

— обмена информацией между микроЭВМ и НГМД;

— регенерации динамической памяти системы в режиме ПДП;

— начальной загрузки системы.

Передача информации между микроЭВМ и контроллером НГМД осуществляется двумя регистрами, имеющими произвольные адреса в диапазоне 160 000—177 777;

регистр команд (РК) — 1XXXX0,

регистр данных (РД) — 1XXXX2,

где X устанавливается пользователем с помощью перемычек. Адрес вектора прерывания выбирается перемычками в диапазоне 0—377. Данные регистры могут считываться или загружаться программно.

На рис. 2.13 изображена схема обмена информацией между каналом микроЭВМ и контроллером НГМД, который содержит буфер записи — считывания емкостью

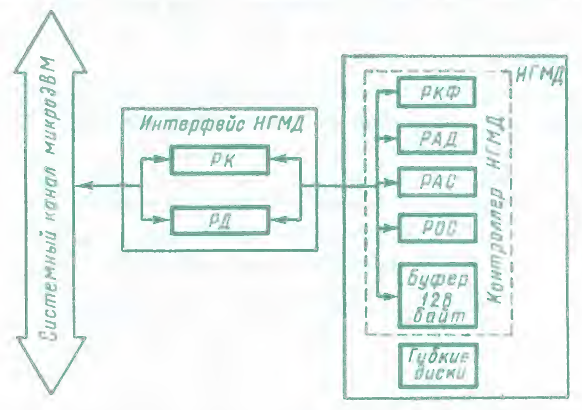


Рис. 2.13. Схема обмена информацией между каналом микроЭВМ и контроллером НГМД

128 байт данных, что составляет один полный сектор диска, а также набор специальных регистров, управляющих работой НГМД:

— регистр ошибки и состояния (РОС);
— регистр адреса дорожки (РАД);
— регистр адреса сектора (РАС);
— регистр кода функции (РКФ).

Обращение к буферу и другим регистрам контроллера осуществляется через регистр данных (РД), который представляет собой 8-разрядный параллельно загружаемый ЦП сдвиговый регистр. Передача информации из РД в регистры контроллера НГМД (и обратно) осуществляется по кабелю в последовательном синхронном режиме. Выполнение контроллером НГМД конкретных функций осуществляется путем занесения в регистр команд (РК) кода одной из следующих команд: ЗАПОЛНИТЬ БУФЕР, СЧИТАТЬ БУФЕР, ЗАПИСАТЬ СЕКТОР, СЧИТАТЬ СЕКТОР, СЧИТАТЬ РОС.

Запись массива данных на диск осуществляется в определенной последовательности:

— заполняется буфер через РД;
— формируется команда ЗАПИСАТЬ СЕКТОР с указанием в РАД номера дорожки и в РАС адреса сектора, куда надо записать передаваемый массив информации;
— содержимое буфера записывается на диск.

Устройство И4 обеспечивает возможность работы с использованием режима прерывания. Для этого необходимо разряд 6 РК (разрешение прерывания) установить в 1. После этого выполнение контроллером НГМД текущей операции завершается формированием устройством И4 сигнала ЗПР и передачей в канал вектора прерывания.

Схема регенерации, реализованная в устройстве И4, позволяет регенерировать динамическую память системы в режиме ПДП.

Схема начального загрузчика устройства И4 содержит дешифратор и регистр адреса, две микросхемы ПЗУ К155 РЕЗ, в которых находится программа начальной загрузки, занимающая адресное пространство 173 000 — 173 076, и канальные приемопередатчики. Пуск программы начального загрузчика (обращение по адресу 173 000) производится командой G с пульта, а также автоматически при включении питания. После пуска программа осуществляет загрузку первого сектора первой дорожки нулевого привода НГМД в системную па-

мять, после чего загруженная программа начинает выполняться с нулевого адреса.

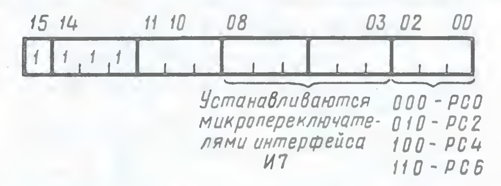
Конструктивно устройство И4 можно установить в любую позицию канала микроЭВМ. Связь И4 с контроллером НГМД осуществляется с помощью 60-контактного разъема типа СН053-60/93×9В-23.

Интерфейс И7 предназначен для подсоединения к каналу микроЭВМ устройств ввода — вывода, обменивающихся данными в 8-разрядном параллельном коде. Примером такого устройства может служить мозаичное печатающее устройство DZM-180. Питание интерфейса осуществляется от источника постоянного тока напряжением +5 В±5% с потребляемой мощностью не более 5 Вт. Габаритные размеры интерфейса 252×143×12 мм, масса не более 0,35 кг.

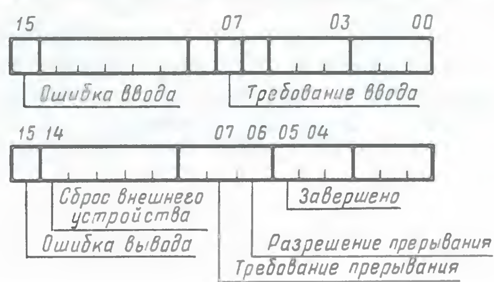
Входные и выходные сигналы интерфейса являются ТТЛ-совместимыми. Обмен информацией между ЦП и внешними устройствами ввода — вывода осуществляется через интерфейс И7 с помощью программных операций или средств прерывания.

Интерфейс И7 представляется ЦП как четыре адресуемых регистра: регистр состояния ввода (РС0), регистр состояния вывода (РС4), входной буфер (РС2) и выходной буфер (РС6).

Адреса данных регистров имеют следующий формат:



Значения адресных разрядов 03—08 задаются с помощью движковых микропереключателей. Форматы РС0 и РС4 имеют соответственно следующий вид:



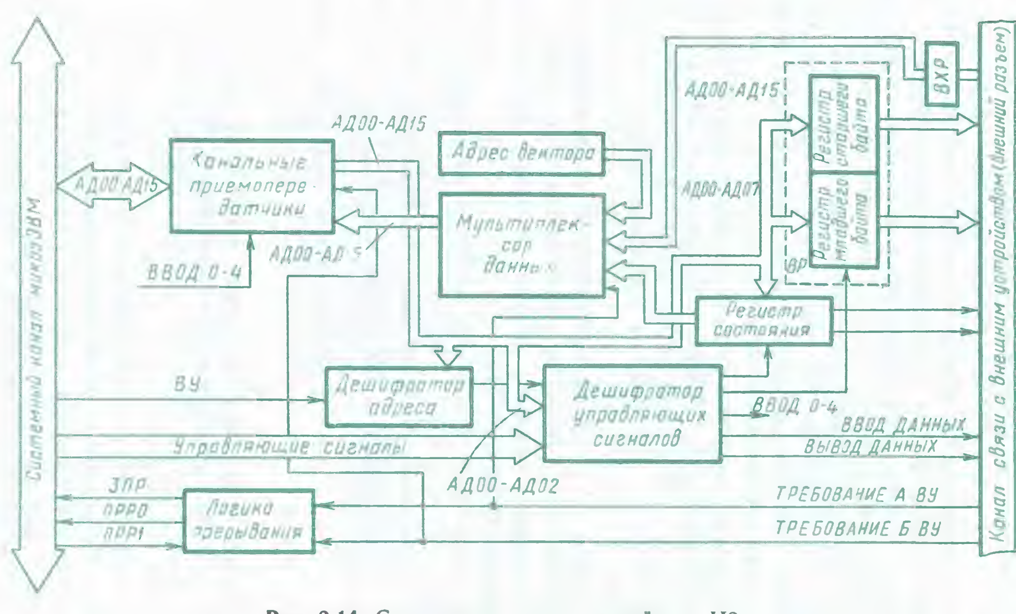


Рис. 2.14. Структурная схема устройства И2

Разряды 07 и 15 РС0, а также 05, 07 и 15 РС4 управляются внешним устройством и доступны ЦП только для чтения. Разряд 06 (разрешение прерывания) загружается и считывает программно и используется для управления логикой прерывания интерфейса.

Разряд 14 РС4 загружается программно и используется для выработки сигнала сброса внешнего устройства.

Встроенная в интерфейс И7 логика прерывания, совместимая с каналом микроЭВМ, позволяет вырабатывать сигнал требования прерывания. Прерывание инициируется внешним устройством с помощью управляющих сигналов. При этом адрес вектора прерывания формируется внешним устройством и транслируется интерфейсом И7 в канал микроЭВМ. Обмен данными между ЦП и внешним устройством через И7 управляется с помощью синхронизирующих сигналов ЗАПРОС ИНФОРМАЦИИ, СТРОБ ИНФОРМАЦИИ. Подсоединение интерфейса И7 к внешнему устройству ввода — вывода осуществляется с помощью 60-контактного разъема типа СН053-60/93$\times$ $\times$9В-23.

Модули связи с объектами. Устройство параллельного обмена И2 предназначено для подсоединения к каналу микроЭВМ внешних устройств, обменивающихся с ЭВМ данными в параллельном коде. Обмен информацией осуществляется 16-разрядными словами или байтами с помощью программных операций или средств прерывания программы.

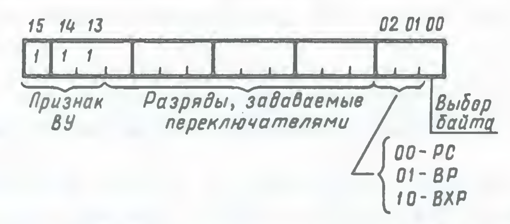
Структурная схема устройства И2 представлена на рис. 2.14.

Устройство И2 способно хранить 16 разрядов одного выходного слова или 2 байт в выходном регистре (ВР). С выхода ВР данные передаются в устройство пользователя. Любая программная операция, которая загружает байт или слово в выходной буфер, вызывает появление сигнала ВЫВОД ДАННЫХ, информирующего устройство пользователя о передаче данных.

Входные данные передаются в канал ЭВМ от устройства пользователя в течение канального цикла ВВОД. Когда данные считываются ЦП, вырабатывается сигнал ВВОД, информирующий внешнее устройство о приеме данных.

Устройство И2 представляется ЦП как три адресуемых регистра: выходной регистр (ВР), входной регистр (ВХР) и регистр состояния (РС). Адреса регистров

устанавливаются пользователем с помощью переключателей и имеют следующий формат:

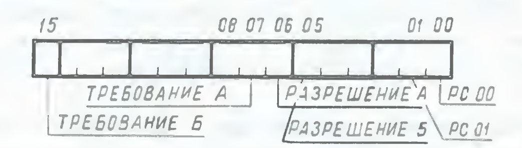


Они могут располагаться в старших 4К (28—32К) адресного пространства микроЭВМ в диапазоне $160\ 000_8$—$177\ 777_8$.

На предприятии-изготовителе устанавливаются следующие адреса:

РС — 167 770; ВР — 167 772; ВХР — 167 774.

Формат РС имеет вид



Назначение разрядов РС следующее:

РС00 предназначен для проверки работоспособности устройства И2 без периферийного устройства. Программная установка и сброс этого разряда имитируют наличие и отсутствие сигнала ТРЕБОВАНИЕ А ВУ. Очищается сигналом УСТ;

РС01 выполняет ту же функцию (по отношению к сигналу ТРЕБОВАНИЕ Б ВУ), что и РС00;

РС05 (РАЗРЕШЕНИЕ Б) — разрешение прерывания. При его установке и поступлении сигнала ТРЕБОВАНИЕ БВУ от внешнего устройства вырабатывается канальный сигнал ЗПР. Считывается и загружается программно, очищается сигналом УСТ;

РС06 (РАЗРЕШЕНИЕ А) выполняет ту же функцию (по отношению к сигналу ТРЕБОВАНИЕ А ВУ), что и РС05;

РС07 (ТРЕБОВАНИЕ А) — этот разряд формируется вентильными схемами (не запоминается на триггере) при поступлении из устройства пользователя сигнала ТРЕБОВАНИЕ А ВУ и используется для инициирования процедуры прерывания или программного опроса. Разряд только считывается;

РС15 (ТРЕБОВАНИЕ Б) аналогичен РС 07 (по отношению к сигналу ТРЕБОВАНИЕ Б ВУ).

Входной регистр (ВХР) представляет собой 16-разрядный вентильный регистр, через который возможен только ввод информации в ЦП. Он включает в себя вентили канальных передатчиков, которые передают данные от внешнего устройства в канал микроЭВМ. Так как ВХР не сохраняет информацию, то внешнее устройство удерживает вводимые данные на сигнальных входных линиях до тех пор, пока не завершится ввод. При вводе информации в ЦП дешифратор управляющих сигналов вырабатывает сигнал ВВОД ДАННЫХ, который через внешний разъем подается в устройство пользователя. По заднему фронту этого импульса входные данные снимаются внешним устройством.

Выходной регистр (ВР) состоит из двух 8-разрядных регистров, которые позволяют производить вывод 16-разрядных слов или 8-разрядных байтов из канала микроЭВМ во внешнее устройство. Когда ВР загружается во время цикла ВЫВОД или ВЫВОД Б, дешифратор управляющих сигналов устройства И2 вырабатывает сигнал ВЫВОД ДАННЫХ, информирующий устройство пользователя о передаче данных. Задний фронт сигнала ВЫВОД ДАННЫХ используется для стробирования во внешнем устройстве. ВР загружается и считывается программно. Очистка его осуществляется сигналом начальной установки УСТ. ЦП считывает содержимое ВХР, РС и адрес вектора через мультиплексор данных.

Устройство И2 содержит логику прерывания, совместимую с каналом микроЭВМ, что позволяет устройству пользователя вырабатывать сигнал требования прерывания.

Инициируя два независимых сигнала, ТРЕБОВАНИЕ А ВУ и ТРЕБОВАНИЕ Б ВУ, устройство пользователя запрашивает прерывание по двум отдельным векторам прерывания. Если при этом разряды 05 и 06 РС (РАЗРЕШЕНИЕ Б и РАЗРЕШЕНИЕ А) содержат код разрешения прерывания, то линия ЗПР активизируется одним из каналов — А или Б. В случае удовлетворения требования прерывания в процессор передается соответствующий адрес вектора. ЦП интерпретирует один из них как готовность данных пользователя для ввода в канал микроЭВМ, а второй — как готовность внешнего устройства к приему новой информации.

Адреса обоих векторов выбираются пользователем с

помощью микропереключателей. На предприятии-изготовителе устанавливаются следующие адреса:

вектор прерывания А — 300; вектор прерывания Б — 304.

Все входные сигнальные линии загружены на одну стандартную ТТЛ-нагрузку и защищены ограничивающими диодами. Выходной сигнал ВВОД ДАННЫХ является ТТЛ-совместимым и обеспечивает 30 ед. нагр. Сигнал ВЫВОД ДАННЫХ является ТТЛ-совместимым и обеспечивает 10 ед. нагр.

Установка устройства И2 в гнезде монтажной панели микроЭВМ осуществляется в соответствии с требуемым уровнем приоритета устройства пользователя, которое подключается к И2 с помощью 60-контактного разъема типа СНО53-60/93×9В-23.

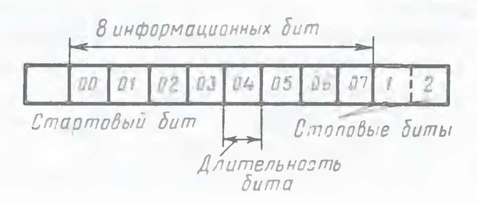
Устройство последовательного обмена (УПО) предназначено для управления обменом данными между микроЭВМ и внешним устройством (например, дисплеем 15ИЭ-00-013) последовательным кодом в дуплексном режиме.

Устройство обеспечивает скорости обмена 50, 75, 100, 150, 200, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 бит/с, которые выбираются пользователем с помощью перемычек.

В основу работы устройства положен принцип преобразования 8-разрядного параллельного кода (байта), принятого из микроЭВМ, в последовательный и передачи его по двухпроводной линии к устройству пользователя, а также приема последовательного кода, переданного по другой двухпроводной линии устройством пользователя, обратного преобразования его из последовательного в параллельный и передачи последнего в микроЭВМ.

Для связи интерфейса с удаленными внешними устройствами используется стартстопный метод передачи. В каждую посылку вводится стартовый бит (пауза — уровень логического 0), далее передается информационный байт (последовательных 8 бит) и 1 или 2 стоповых бита уровнем логической 1.

Информационное сообщение имеет следующий вид:



Структурная схема устройства представлена на рис. 2.15. УПО представляется ЦП как четыре адресуемых регистра:

регистры данных и состояния передатчика — РДП и РСП;

регистры данных и состояния приемника — РДПР и РСПР.

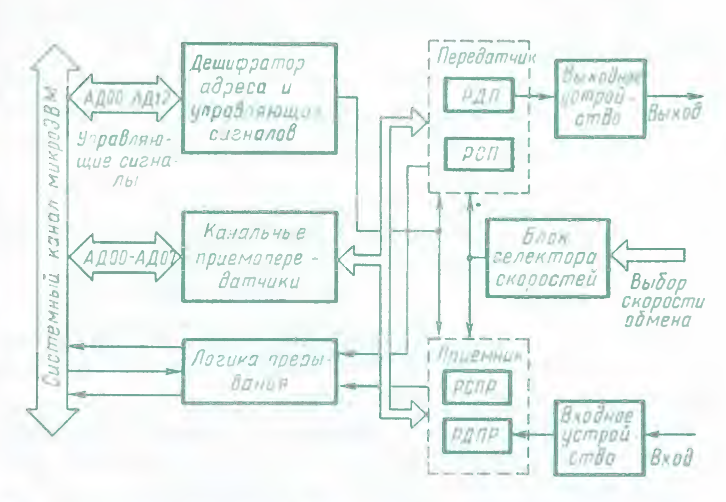


Рис. 2.15. Структурная схема устройства последовательного обмена

Адреса регистров устанавливаются пользователем с помощью перемычек. Начальное положение перемычек, устанавливаемое на предприятии-изготовителе, соответствует следующим адресам:

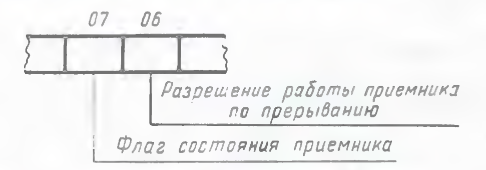
РДП — 167 566; РСП — 167 564; РДПР — 167 562; РСПР — 167 560.

Режим дешифрации адресов регистров УПО и канальные сигналы, вырабатываемые при обращении ЦП к регистрам, полностью аналогичны описанным для устройства В1.

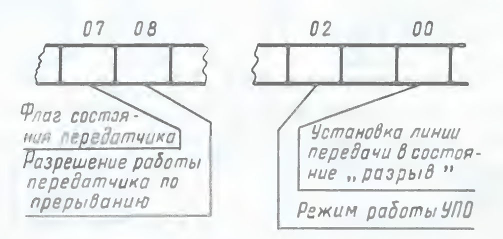
Регистры РДП и РДПР служат для обмена байтовыми сообщениями между внешним устройством и микроЭВМ.

Регистры РСП и РСПР служат для управления ре-

жимами вывода и ввода информации в микроЭВМ соответственно и имеют следующий формат:



— флаг состояния приемника (ФСПР) устанавливается при поступлении кодового сообщения в РДПР от внешнего устройства;



— флаг состояния передатчика (ФСП) устанавливается после очистки РДП, т. е. после передачи кодового сообщения во внешнее устройство.

Работа узлов УПО по приему и передаче символов во внешнее устройство осуществляется независимо друг от друга и может выполняться одновременно.

При поступлении символа от ВУ в последовательном коде осуществляется его запись в РДПР и установка ФСПР. После анализа ФСПР центральный процессор обращается по адресу РДПР и считывает переданный символ. При этом осуществляется сброс ФСПР, а УПО готово к приему очередного символа.

При необходимости передачи символа в ВУ центральный процессор анализирует состояние ФСП. Если РДП свободен, то ЦП записывает в него символ, что приводит к сбросу ФСП, преобразованию кода символа из параллельного в последовательный и выдаче его в канал связи с ВУ. После окончания процедуры выдачи происходит установка ФСП, а УПО готово к передаче очередного символа.

Для организации режимов обмена между РДПР, РДП и ЦП по прерыванию необходима программная установка разрядов 06 РСПР и РСП (разрешение прерывания) в состояние 1. При этом, как только устрой-

ство готово к передаче — приему символа (установлены ФСП—ФСПР), в канал микроЭВМ посылается сигнал ЗПР. Адреса векторов прерывания выставляются с помощью перемычек. Начальное положение перемычек соответствует следующим значениям адресов: для приемника — 160; для передатчика — 164.

Связь УПО и ВУ реализуется в виде 20 мА токовой петли.

Установка устройства в свободное гнездо монтажной панели микроЭВМ осуществляется с учетом требуемого уровня приоритета ВУ, подключаемого к данному устройству. Длина линии связи (при скорости обмена 9600 бит/с) составляет не более 30 м. Связь УПО с внешним устройством осуществляется с помощью 8-контактной вилки СНО53-8/28×9В-23.

2.4. Вычислительные комплексы, построенные на базе микроЭВМ ряда «Электроника 60», их основные характеристики и конструктивные особенности

Рассмотрим конструктивные особенности выполнения системного канала, его нагрузочную способность, так как они в значительной степени определяют состав вычислительного комплекса, способность к расширению, его функциональные возможности и технические характеристики.

Конструктивно канал представляет собой систему проводников, выполненных в виде печатных плат, соединяющих контакты разъемов монтажных панелей блоков (субблоков), число которых может изменяться от одного до трех в зависимости от состава комплекса, специальных соединительных модулей (коннекторов) и соединительных кабелей. Проводники образуют сигнальные линии канала, которые подключаются к согласующим резисторным делителям напряжения и задают в канале уровень логического 0. Согласующие делители, используемые в микроЭВМ, показаны на рис. 2.16, *а* для 250-омного согласования линии и рис. 2.16, *б* для 120-омного согласования.

Под *условной единицей нагрузки* канала понимается подключение одного входа канального приемника, двух выходов канальных передатчиков и не более 10 пФ ем-

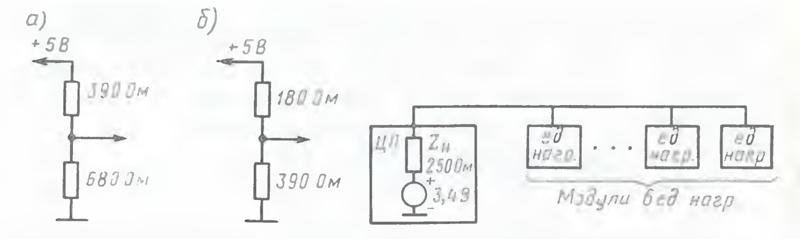


Рис. 2.16. Согласующие резистивные делители

Рис. 2.17. Схема использования канала с минимальной нагрузкой

кости к любой из линий канала (что, как правило, эквивалентно подключению к каналу одного модуля).

Схема согласования канала при построении системы на базе одного субблока показана на рис. 2.17.

Для построения системы с единым каналом на базе трех субблоков следует руководствоваться схемой использования канала с максимальной нагрузкой (рис. 2.18).

Рассмотрев особенности реализации системного канала, приведем основные характеристики микроЭВМ и вычислительных комплексов, реализованных на их основе.

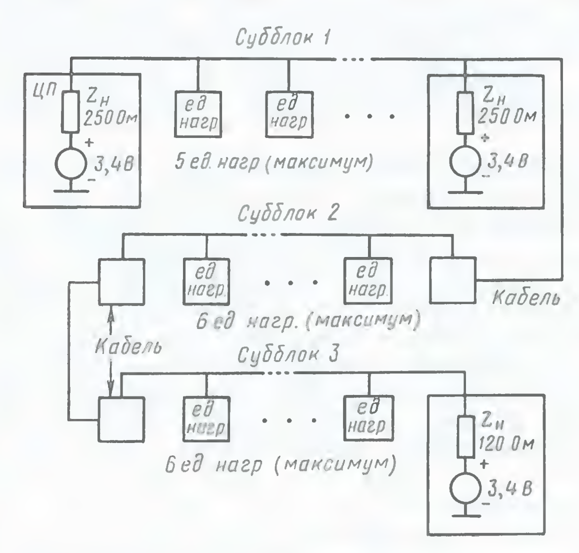


Рис. 2.18. Схема использования канала с максимальной нагрузкой

Таблица 2.3

Обозначение	Состав микроЭВМ	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Максимальная мощность, В·А	Напряжение питания, В
15ВМ-16-002 (15ВМ-16-007, 15ВМ-16-008)	ЦП М1 (М2, М3), устройство управления В1, каркас, вентилятор ВВФ-71М	339×325×85	3	90	(5±5) %; (12±3) %
15ВМ-16-004 (15ВМ-16-012)	ЦП М1 (М2), устройство управления В1, устройство управления В21, блок питания БПС6-1, каркас, кожух, панель	520×338×100	16	400	$220^{+10\%}_{-15\%}$ с частотой (50±1) Гц
15ВМ-16-005 (15ВМ-16-013)	ЦП М1 (М2), устройство управления В1, устройство управления В21, каркас, блок питания БПС6-1, кожух, панель, распределительное устройство, стол, ЭПМ «Consul-260», фотосчитыватель FS-1501, перфоратор ленточный ПЛ-150	1220×1100×1235	166	1000	

Примечание. Устройство управления В1 и вентилятор ВВФ-71М не входят в состав микроЭВМ 15ВМ-16-008.

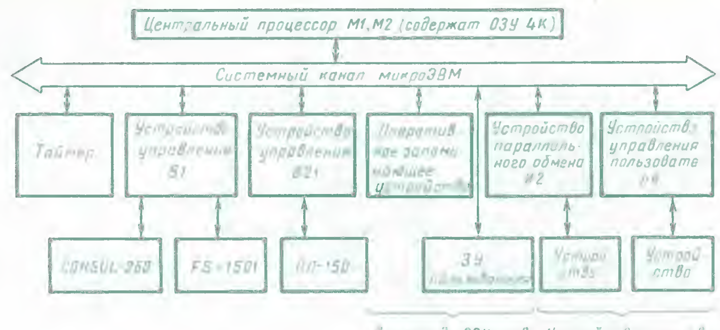


Рис. 2.19. Структурная схема микроЭВМ

На базе описанных функциональных модулей и вариантов ЦП промышленностью выпускаются микроЭВМ «Электроника 60», микроЭВМ «Электроника В» МС 11900.1, а также с учетом набора внешних устройств, входящих в состав поставляемого комплекта, выпускаются вычислительные комплексы (ВК). Рассмотрим организацию и основные характеристики указанных микроЭВМ и ВК.

Данные микроЭВМ выпускаются промышленностью в трех вариантах комплектации: 15ВМ-16-002 — минимальный вариант, предназначенный для встраивания в управляемое оборудование;

15ВМ-16-004 — расширенный вариант;

15ВМ-16-005 — автономная вычислительная система, рассчитанная на одного пользователя.

Основные характеристики данных вариантов и состав микроЭВМ представлены в табл. 2.3.

Структурная схема микроЭВМ «Электроника 60» представлена на рис. 2.19, общий вид микроЭВМ изображен на рис. 2.20, конструктивное исполнение — на рис. 2.21.

Структурная схема и общий вид микроЭВМ «Электроника В» МС 11900.1 представлены на рис. 2.22, а общий вид — на рис. 2.23. Основные характеристики микроЭВМ приведены ниже:

Масса микроЭВМ	— не более 250 кг
Максимальная электрическая мощность	— 1400 Вт
Емкость резидентной памяти	— 28 К слов
Число основных команд	— 72

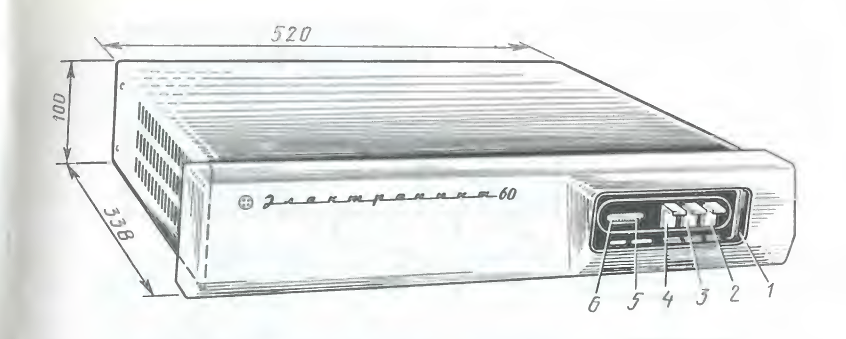


Рис. 2.20. Общий вид микроЭВМ «Электроника 60»:
1 — панель управления; *2* — клавиша включения таймера; *3* — клавиша перевода микроЭВМ в пультовый режим; *4* — клавиша включения питания, *5* — светодиод «работа», *6* — светодиод «питание»

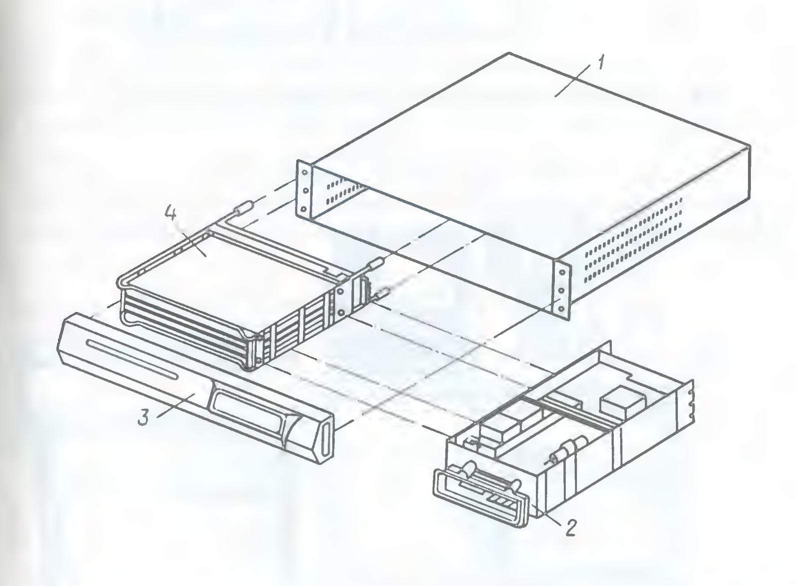


Рис. 2.21. Конструктивное исполнение микроЭВМ «Электроника 60»:
1 — кожух; *2* — блок питания; *3* — фальшпанель; *4* — блок ячеек

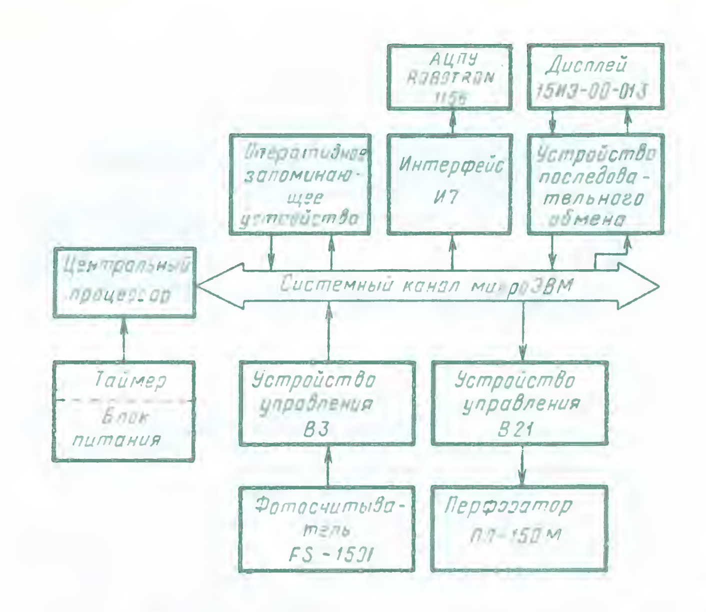


Рис. 2.22. Структурная схема микроЭВМ «Электроника В»

Рис. 2.23. Общий вид микроЭВМ «Электроника В»:
1 — фотосчитыватель FS 1501; *2* — перфоратор ленточный ПЛ 150 М; *3* — дисплей 15ИЭ-00-13; *4* — АЦПУ ROBOTRON 1150; *5* — блок конструктивный для установки ЦП М2 и других модулей

В том числе:	
— расширенной арифметики	— 4
— с плавающей запятой	— 4
Время выполнения команд:	
— с фиксированной запятой:	
сложение «регистр-регистр»	— 4 мкс
умножение	— 112 мкс
— с плавающей запятой:	
сложение	— 218 мкс
умножение	— 360 мкс
Вывод информации на перфоленту со скоростью	— (100 ± 10) байт/с
Ввод информации с перфоленты со скоростью	— 1000 байт/с
Вывод данных на печать со скоростью	— (100 ± 10) зн/с
Вывод данных на экран дисплея с числом знакомест	— 1920
Напряжение питания и частота	— 220^{+22}_{-33} В. (50 ± 1) Гц

МикроЭВМ «Электроника 60» не имеет специального пульта управления, с помощью которого оператор получает возможность выполнять различные операции управления (занесение адреса, считывание данных, запись данных и др.). Все эти функции выполняются устройствами, способными передавать и принимать из ЦП коды, соответствующие буквенно-цифровым символам, которые должны быть интерпретированы устройством таким образом, чтобы оператор имел возможность контролировать

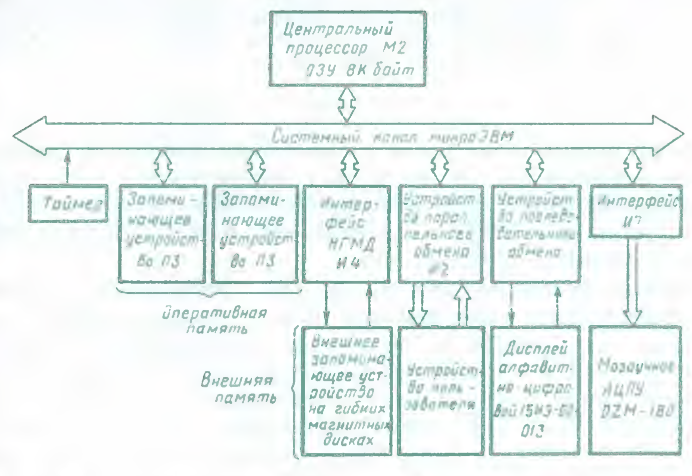


Рис. 2.24. Структурная схема вычислительного комплекса 15 ВУМС-28-025



Рис. 2.25. Общий вид вычислительного комплекса 15 ВУМС-28-025: *1* — стойка; *2* — устройство ввода — вывода на гибких магнитных дисках «Электроника ГМД 7012»; *3* — блок для установки ЦП М2 и системных модулей, *4* — дисплей 15 ИЭ-00-13; *5* — мозаичное алфавитно-цифровое печатающее устройство DZM-180; *6* — блок конструктивный

работу процессора. Такое устройство называется *пультовым терминалом*. В качестве стандартного пультового терминала микроЭВМ используется электрическая пишущая машинка (ЭПМ) «Consul-260» или алфавитно-цифровой дисплей 15ИЭ-00-013.

Вычислительные комплексы (ВК) выполнены на основе микроЭВМ «Электроника 60» и предназначены для сбора, накопления и обработки информации, научно-технических и инженерно-конструкторских расчетов, моделирования и управления объектами в реальном масштабе времени. ВК имеют модульный принцип построения. Их функциональные блоки выполняются в виде конструктивно законченных устройств, связь между которыми осуществляется через единый канал обмена.

Рассмотрим основные характеристики и состав наиболее распространенного ВК, выполненного на основе микроЭВМ «Электроника 60», — 15ВУМС-28-025. Его структурная схема и общий вид показаны на рис. 2.24, 2.25. ВК предназначен для работы при температуре 10—35°С и относительной влажности воздуха 40—80%.

Питание ВК осуществляется от трехфазной четырехпроводной (с нулевым проводом) сети переменного тока напряжением 380 В с допустимым отклонением $^{+10}_{-15}$% от номинального значения и частотой (50±1) Гц. Максимальная электрическая мощность, потребляемая ВК, не превышает 1750 В·А.

Состав ВК 15ВУМС-28-025 приведен ниже:

Центральный процессор М2	— 1
Запоминающее устройство типа П3 15УЗО-16-004	— 2
Интерфейс накопителя на гибких магнитных дисках типа И4 15 ИПГ-16-012	— 1
Устройство последовательного обмена 15 ВВВ-60/9600-003	— 1
Устройство параллельного обмена типа И2 15 КС-180-032	— 1
Интерфейс И7	— 1
Коннектор К5 15КС-250-034	— 1
Коннектор К5 15КС-120-035	— 1
Блок конструктивный	— 2
Устройство ввода—вывода на гибких магнитных дисках 15ВВМД-512-002 «Электроника ГМД 7012»	— 1
Дисплей 15ИЭ-00-013	— 1
Мозаичное алфавитно-цифровое печатающее устройство DZM-180	— 1
Устройство распределительное 15 КС-14-049	— 1
Стойка	— 1
Стол	— 1
Кабели канала	— 2
Комплект инструмента и принадлежностей	— 1
Комплект монтажных частей	— 1
Эксплуатационные документы	— 1

Более подробное описание характеристик данного комплекса содержится в комплекте его поставки.

глава 3

МикроЭВМ ряда «Электроника 60-1»



В настоящей главе рассмотрены принципы построения и основные характеристики микроЭВМ ряда «Электроника 60-1», являющегося дальнейшим развитием микроЭВМ «Электроника 60». Описаны состав и основные технические и эксплуатационные характеристики, рассмотрены вопросы совместимости различных моделей семейства, особенности их конструктивного исполнения.

3.1. Базовый комплект больших интегральных схем

Схемотехнической основой построения микроЭВМ данного ряда является базовый микропроцессорный комплект БИС серии КН1811, изготовляемый по *n*-канальной технологии. По сравнению с комплектом К581 он характеризуется увеличенным быстродействием и повышенной степенью интеграции элементов на кристалле, а следовательно, и увеличенной функциональной мощностью БИС.

Основными характеристиками *n*-МОП БИС комплекта КН1811 являются:

Число транзисторов на кристалле	— 25 000 шт.
Напряжение питания	— +5В ± 5% и +12В ± 5%
Тактовая частота	— 3 мГц
Уровни входных и выходных сигналов соответствуют уровням ТТЛ-схем	

Кристаллы *n*-МОП БИС монтируются в керамические корпуса (типа Н13.40—1) с 40 выводами. Комплект работоспособен при температуре от —10 до +70°С.

Состав набора *n*-МОП БИС приведен ниже:

КН1811 ВМ1 — БИС обработки данных (АЛУ)
КН1811 ВУ1 — БИС управляющей памяти на основе программируемых логических матриц, содержит микропрограммы выполнения основных (92)

команд микроЭВМ; в систему микрокоманд входят 63 микрокоманды

КН1811 ВУ2, КН1811 ВУ3 — БИС управляющей памяти, содержат микропрограммы выполнения команд с плавающей запятой (46 дополнительных команд)

КН1811 ВТ1 — БИС диспетчера памяти, обеспечивает формирование адресов расширенного формата (18 или 22 разряда) и организацию страничной памяти

Функции БИС АЛУ следующие:

— выполнение всех арифметических и логических операций;

— выработка сигналов управления передачей информации между БИС МПК и системной магистралью;

— формирование виртуального адреса системной памяти.

В состав БИС АЛУ, структурная схема которой представлена на рис. 3.1, входят шесть основных узлов.

Шестнадцатиразрядное АЛУ выполняет арифметические и логические операции по 16-разрядным микрокомандам, поступающим в регистр микрокоманд из управляющей памяти и определяющим тип операции и характер обрабатываемой информации.

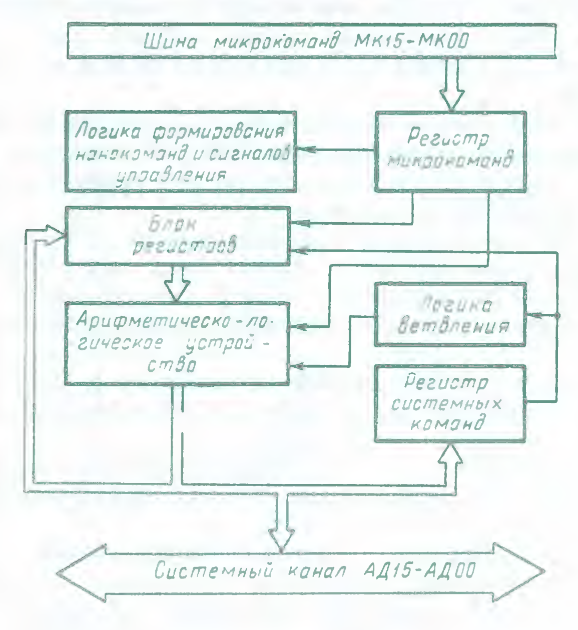


Рис. 3.1. Структурная схема БИС АЛУ

Блок регистров содержит:

— девять регистров, шесть из которых (R0—R5) являются регистрами общего назначения и используются для хранения адресов и данных. Два регистра (R6-С и R6-П) используются как указатели стека: R6-С — в системном режиме, R6-П — в режиме пользователя. Выбор одного из регистров R6 осуществляется по двоичному коду, записанному в разрядах 14 и 15 регистра состояния процессора (РСП). Регистр R7 используется в качестве счетчика команд;

— пять 16-разрядных рабочих регистров, используемых в качестве сверхбыстродействующей оперативной памяти для временного хранения промежуточных результатов операций АЛУ;

— регистр состояния процессора, предназначенный для хранения признаков (кодов условий ветвления), кода режима работы ЦП и информации о его приоритетном уровне.

Блок регистров построен таким образом, что можно обращаться к двум регистрам одновременно. В течение первой половины микрокоманды выполняются выборка операндов из регистров и операция АЛУ, в течение второй половины — запись результата в регистр. Поэтому в течение одного микроцикла можно выбрать два 16-разрядных числа, сложить их и результат поместить в блок регистров.

Регистр системных команд загружается текущей командой. Если при этом текущей командой оказывается команда ветвления, то логика ветвления инициирует ветвление программы.

Логика ветвления предназначена для управления вычислением смещения адреса следующей команды относительно содержимого счетчика команд при выполнении системных команд условного и безусловного ветвления.

Логика управления формирует специальные команды (нанокоманды) и сигналы, управляющие работой схем интерфейса магистрали.

Микропрограммная управляющая память содержит микропрограммы, выполняющие системные команды и команды пультового терминала.

Микропрограммы, реализующие основной набор команд (92 команды) и команды пультового терминала, находятся в БИС управляющей памяти микропроцессора КН1811 ВУ1. Команды с плавающей запятой выпол-

няются микропрограммами, хранящимися в двух БИС ПЗ (КН1811 ВУ2, КН1811 ВУ3).

Структурная схема БИС управляющей памяти приведена на рис. 3.2. Микропрограммная память представляет собой сочетание программируемой логической матрицы (ПЛМ) и постоянного запоминающего устройства (ПЗУ). ПЛМ имеет емкость 138 25-разрядных микрослов; ПЗУ — емкость 414 25-разрядных микрослов. Микрослово делится на два поля: 16-разрядное поле микрокоманды и 9-разрядное поле следующего адреса.

Коды системных команд и служебной информации из шины АД записываются во входной регистр ПЛМ и поступают на вход ПЛМ. Первое микрослово, выбранное из ПЛМ, содержит стартовый адрес микропрограммы, находящейся в ПЗУ и реализующей системную команду. На вход ПЛМ поступает также 9-разрядный код адреса следующей микрокоманды, выбираемой одновременно с выполнением текущей.

Если имеются запросы на прерывание, то из ПЛМ выбирается первая микрокоманда микропрограммы, обрабатывающей прерывание по запросу с наибольшим приоритетом.

Назначение разрядов шины АД при передаче служеб-

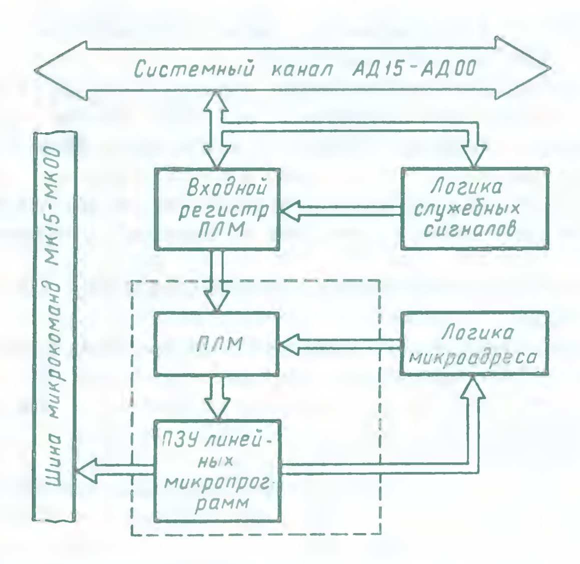


Рис. 3.2. Структурная схема БИС управляющей памяти

ной информации и приоритетные уровни обслуживания прерывания представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Разряд шины АД	Назначение разряда шины АД при передаче служебной информации	Приоритетный уровень обслуживания
(00)	Начальный пуск ЦП	1
(01)	Ошибка обращения к магистрали	4
(02)	Ошибка четности (паритета)	5
(03)	Ошибка диспетчера памяти	3
(04)	Ошибка в коде команды	2
(05)	Останов	15
(06)	Не используется	6
(07)	Авария сетевого питания	9
(08)	Внешнее прерывание на уровне 7	10
(09)	уровне 6	12
(10)	уровне 5	13
(11)	уровне 4	14
(12)	Прерывание по таймеру (внешнему событию)	11
(13)	Переполнение стека	8
(14)	Прерывание по Т-разряду	7
(15)	Команда WAIT	16

Большая интегральная схема диспетчера памяти (ДП) КН1811 ВТ1 выполняет:

— расширение разрядности адреса с 16 до 18 бит и с 16 до 22 бит, что позволяет увеличить объем адресуемой памяти с 64 К до 256 К байт и с 64 К до 4096 К байт соответственно:

— защиту памяти от неразрешенных обращений;

— хранение операндов при операциях с плавающей запятой.

На рис. 3.3 представлена структурная схема БИС ДП. Она включает в себя:

— два набора из восьми 32-разрядных регистров активной страницы;

— сумматор;

— компаратор;

— схему запрета;

— шесть 64-разрядных накопительных регистров для операций с ПЗ;

— регистр состояния ПЗ.

Два набора регистров активной страницы соответствуют двум режимам работы ЦП: режиму пользователя

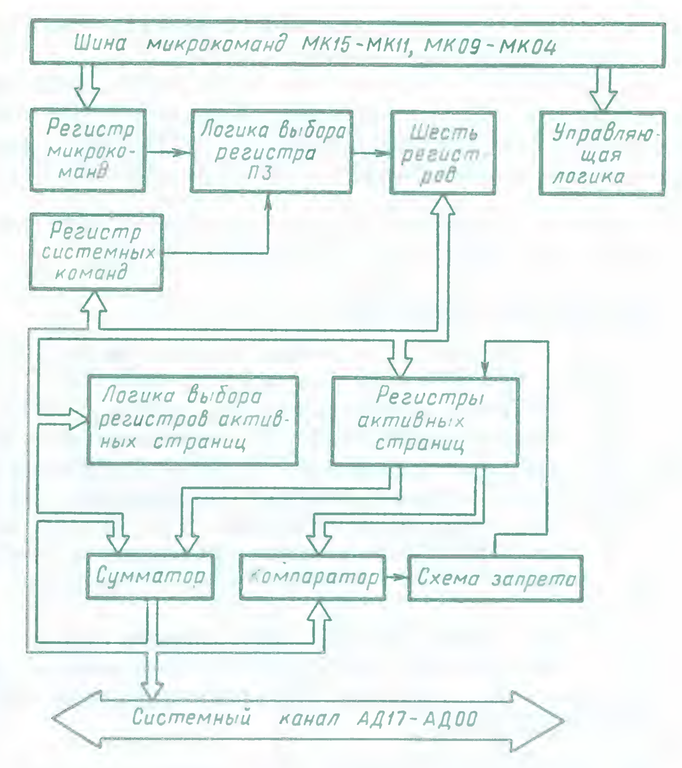


Рис. 3.3. Структурная схема БИС ДП

и системному режиму. В каждом режиме используется только соответствующий ему набор регистров активной страницы. Каждый регистр активной страницы состоит из двух 16-разрядных регистров: регистра адреса страницы и регистра описания страницы. Регистр адреса страницы содержит константу преобразования, которая используется при вычислении физического адреса путем суммирования с определенными разрядами виртуального адреса. В регистре описания страницы содержится информация о характере возможного обращения к данной странице памяти: запрет чтения и записи, разрешение чтения и записи, а также информация о размере страницы в блоках (блок — 32 16-разрядных слова) и о направлении расширения размеров страницы относительно базового адреса.

Преобразование адреса занимает всего один микроцикл. Физический адрес помещается сумматором на ши-

ну АД в том же самом микроцикле, в котором происходит преобразование виртуального адреса.

Компаратор и схемы запрета выполняют функцию защиты памяти от неразрешенных обращений. Входной информацией компаратора являются виртуальный адрес и информация, содержащаяся в регистре описания страницы.

Подробное описание принципа преобразования адресов приведено в § 3.2.

3.2. Центральный процессор

Рассмотрим структуру и основные характеристики ЦП «Электроника МС 1601» (в дальнейшем МС 1601), являющегося основным функциональным звеном в микроЭВМ ряда «Электроника 60-1». Он предназначен для обработки цифровой информации в составе микроЭВМ, системный канал которых отвечает требованиям МПИ (ГОСТ 26765.51—86), имеет габариты 17×142×252 мм, массу 0,3 кг и питается от стабилизированных источников постоянного тока напряжением +5 В±5% и +12 В±5%.

Структурная схема ЦП МС 1601, имеющего два исполнения — МС 1601.01 и МС 1601.02, представлена на рис. 3.4, общий вид — на рис. 3.5. Основные характеристики приведены ниже:

Разрядность чисел при операциях:	
— с фиксированной запятой	— 16 бит
— с плавающей запятой при командах точности:	
— одинарной	— 32 бит
— двойной	— 64 бит
Время выполнения команд:	
— в формате с фиксированной запятой:	
сложение «Регистр-Регистр»	— 1,7 мкс
сложение «Регистр — Память»	— 3,6 мкс
умножение «Регистр — Регистр»	— 24,5 мкс
умножение «Регистр — Память»	— 24,8 мкс
— в формате с плавающей запятой:	
умножение «Аккумулятор — Аккумулятор»	— 80 мкс
умножение «Аккумулятор — Память»	— 81 мкс
Производительность при решении задач:	
— научно-технических	— 70 тыс. команд/с
— оперативного управления	— 234 тыс. команд/с
Число регистров общего назначения	8

Объем адресуемой памяти:
- МС 1601.01 — 256 К/байт
- МС 1601.02 — 4096 К/байт

Число команд:
- основных — 92
- для операций с плавающей запятой — 46

Число методов адресации — 8
Число уровней запроса магистрали, на которых возможно прерывание программы — 4
Число режимов программной работы — 2
Число линий аппаратного прерывания — 5
Время реакции на запрос прерывания — 6 мкс
Токи, потребляемые от источников питания:
- + 5В — 2 А
- +12В — 0,2А

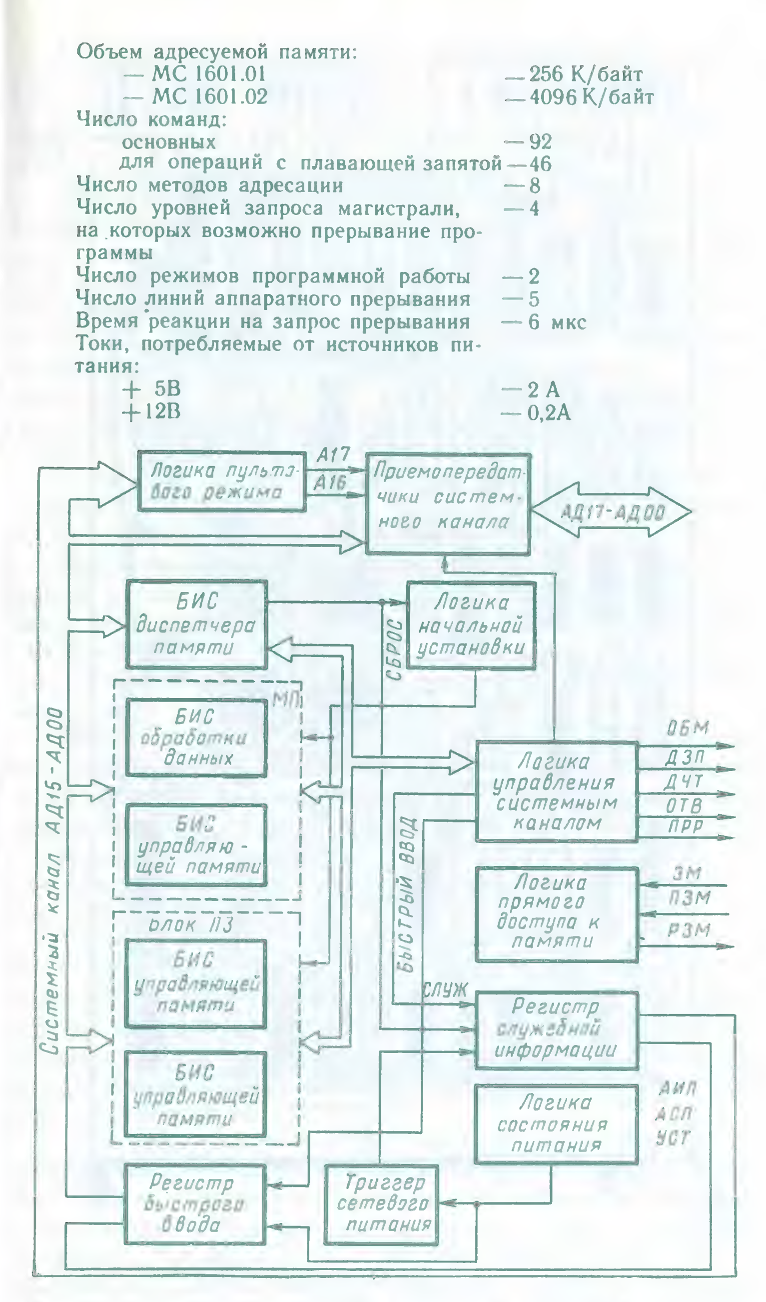


Рис. 3.4. Структурная схема ЦП «Электроника МС 1601»:

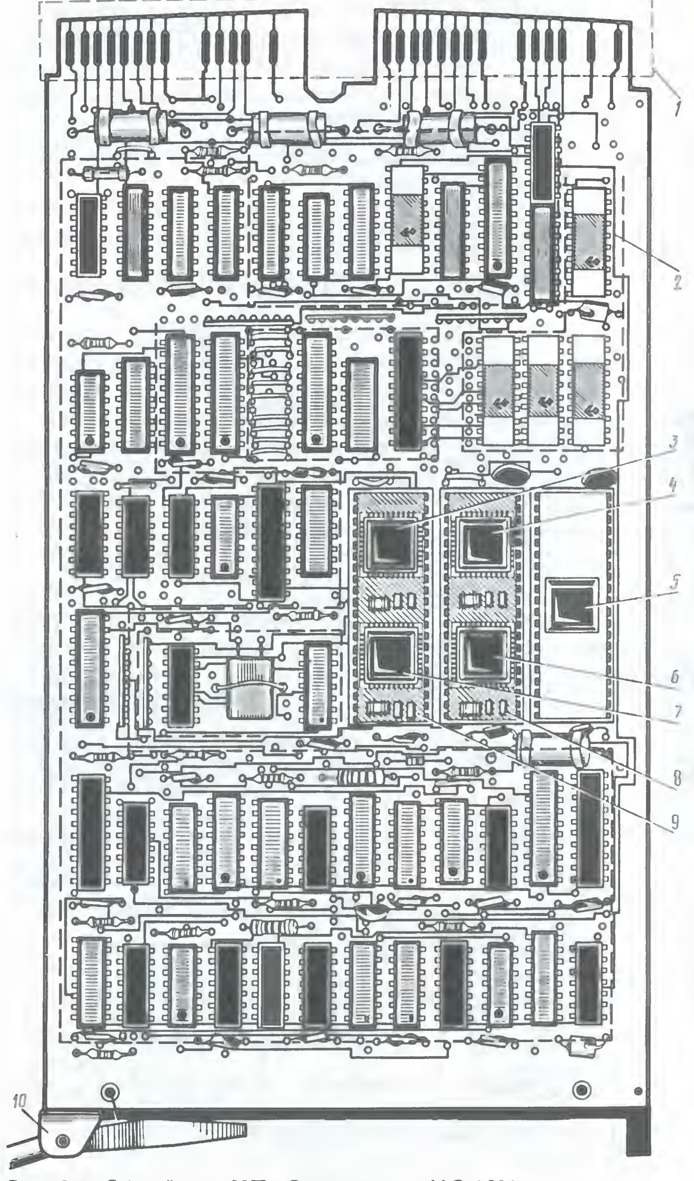


Рис. 3.5. Общий вид ЦП «Электроника МС 1601»

1 — плоский разъем для соединения с каналом микроЭВМ, *2* — приемопередатчики магистрали; *3* — БИС обработки данных; *4* — БИС ПЗ; *5* — БИС диспетчера памяти; *6* — БИС ПЗ; *7* — БИС управляющей памяти; *8*, *9* — ГИС; *10* — фиксирующее устройство

Основой МС 1601 являются описанный выше микропроцессорный комплект (МПК) серии 1811, БИС которого включены в состав микропроцессора; блок диспетчера памяти (БИС ДП); блок плавающей запятой (ПЗ).

МП выполняет базовый набор команд (92) и представляет собой гибридную интегральную схему, состоящую из двух БИС — КН1811 ВМ1 и КН1811 ВУ1, каждая из которых заключена в микрокорпус. Блок диспетчера памяти предназначен для формирования 18-разрядного (МС 1601.01) и 22-разрядного (МС 1601.02) физических адресов из 16-разрядного виртуального. Кроме того, он содержит шесть 64-разрядных накопительных регистров для выполнения операций с плавающей запятой.

Блок ПЗ также является гибридной интегральной схемой, состоящей из двух БИС в микрокорпусном исполнении (КН 1811 ВУ2 и КН1811 ВУ3).

Центральный процессор может работать и при установке только БИС МП. При этом микроЭВМ имеет память 64 К байт и программную совместимость с микроЭВМ «Электроника 60». БИС ДП и БИС ПЗ являются дополнительными блоками, расширяющими возможности микроЭВМ.

При установке БИС ДП адресное пространство микроЭВМ расширяется до 18 разрядов для МС 1601.01 и до 22 разрядов для МС 1601.02, что позволяет адресовать память объемом 256 К и 4096 К байт соответственно. При установке блока ПЗ центральный процессор выполняет 46 дополнительных операций с плавающей запятой.

Регистр быстрого ввода предназначен для ввода в МП информации о состоянии сетевого питания при первоначальном или повторном пуске микроЭВМ (содержимое регистра считывается по сигналу БЫСТРЫЙ ВВОД, формируемому логикой управления магистралью). Режимы пуска определяются расположением соответствующих перемычек на плате ЦП.

Регистр служебной информации предназначен для запоминания и передачи в микропроцессор информации о запросах прерывания, а также информации о состоянии постоянного и сетевого питания ЭВМ. Содержимое регистра считывается по сигналу ввода служебной информации СЛУЖ, формируемому логикой управления системным каналом.

Логика прямого доступа к памяти (логика ПДП) формирует разрешение захвата системного канала (РЗМ) в ответ на сигнал ЗМ после завершения центральным процессором текущего цикла обращения к каналу. Входными сигналами для логики прямого доступа к памяти являются сигнал захвата канала ЗМ и сигнал подтверждения захвата канала ПЗМ, которые формируются устройством, требующим прямого доступа к памяти.

Логика пультового режима формирует 18-разрядный адрес без использования ДП. Формирование расширенного адреса осуществляется в пультовом режиме, причем дополнительные разряды А16, А17 передаются из МП по линиям АД01—АД00 и запоминаются логикой пультового режима.

Приемопередатчики магистрали принимают данные из канала и передают их в системный канал. Управление приемопередатчиками осуществляется логикой управления системного канала.

Логика начальной установки МП предназначена для установки МП в исходное состояние сигналом СБРОС в случаях:

— обращения ЦП по несуществующему адресу;

— использования неправильного или несуществующего кода команды;

— неразрешенного обращения к памяти;

— возникновения паритетной ошибки при считывании информации из оперативной памяти.

Триггер сетевого питания предназначен для хранения информации о состоянии сетевого питания ЭВМ и передачи ее в регистр служебной информации. Он устанавливается логикой состояния питания и начальной установки и может быть очищен микропрограммно.

Логика состояния питания предназначена для выработки сигналов установки логических цепей ЦП в исходное состояние. При подаче постоянного питания на линии АИП вырабатывается активно-низкий уровень, по которому вырабатываются сигналы начальной установки ЦП. Они используются при первоначальном или повторном пуске. Во втором случае микроЭВМ запускается и сигналы вырабатываются без снятия постоянного напряжения питания клавишей РЕСТАРТ.

Большие интегральные схемы МПК взаимодействуют друг с другом и с интерфейсом магистрали посредством двух шин: микрокоманд (шина МК); адресов и данных

(шина АД). По шине МК передается микрокоманда из микропрограммной управляющей памяти БИС АЛУ и БИС ДП, а также информация для управления логическими схемами ЦП. По шине АД передаются адреса и данные в системную магистраль, команды и данные из системной магистрали, операнды между БИС ДП и БИС АЛУ, а также служебная информация — запросы внутренних и внешних прерываний, состояние источника питания и т. п. Обе шины являются двунаправленными, работающими с мультиплексированием.

Для выполнения любой команды ЦП необходим хотя бы один из следующих циклов обращения к системному каналу:

— ЧТЕНИЕ;
— ЧТЕНИЕ — МОДИФИКАЦИЯ — ЗАПИСЬ;
— ЗАПИСЬ;
— ЗАПИСЬ БАЙТА.

В промежутках между циклами обращения ЦП может предоставлять системный канал устройству ПДП. Требование прерывания удовлетворяется только перед выборкой команды (т. е. в промежутках между выполнением команд).

Последовательности операций при выполнении обмена данными между ЦП МС 1601 и памятью, а также при выполнении обмена между ЦП МС 1601 и внешними устройствами аналогичны подобным операциям для ЦП М2 (М1, М3), описанным выше.

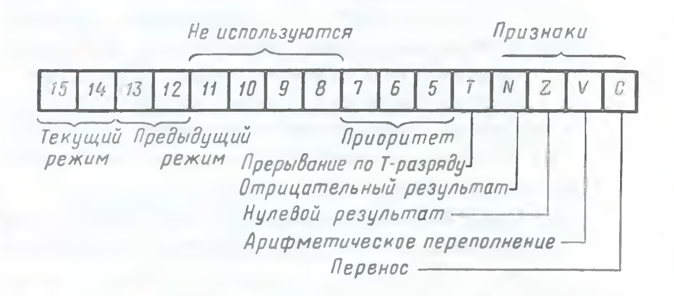
В ЦП МС 1601 в качестве указателя стека используется только R6 и снизу стек ограничивается адресом 400. В случае попытки заполнения ячеек с адресом 400 и меньше возникает прерывание программы по переполнению стека.

Это можно объяснить защитой ячеек памяти, зарезервированных под векторы прерывания. Программная реализация стека допускает использование в качестве указателя стека любого РОН и предназначена в основном для создания последовательных списков данных. В этом случае запись в стек и выборка из него осуществляются с использованием автодекрементного и автоинкрементного методов адресации. Границы стека в данном случае определяются программно.

Центральный процессор МС 1601 содержит восемь 16-разрядных РОН: R0—R7. Регистр R6 представлен двумя регистрами: R6-С и R6-П.

Регистр состояния процессора (РСП) содержит коды,

отражающие текущий приоритет ЦП, признаки ветвления, режимы работы ЦП и имеет следующий формат:



Внешнее устройство может вызывать прерывание текущей программы, если уровень его приоритета выше приоритета ЦП.

Обращение к РСП производится как без явного указания его адреса, по командам MTPI и MFPI, так и по адресу 777 776. Команды MTPI и MFPI позволяют обращаться только к младшему байту РСП, а по адресу 777 776 возможно обращение ко всем разрядам РСП, причем запись в РСП осуществляется как словом (16 разрядов), так и побайтно. Признаки ветвления (N, Z, V, C) аналогичны ЦП М2 и содержат информацию о результате последней выполненной команды. Установка их в соответствующее состояние выполняется всеми арифметическими и логическими одно- или двухадресными командами. Т-разряд устанавливается или сбрасывается при выборке из стека слова состояния процессора. Это происходит при возврате из прерывания или подпрограммы. Если Т-разряд окажется установленным, то по окончании выполнения первой команды произойдет прерывание программы с адресом вектора 14, и из ячейки 16 в регистр состояния процессора загружается новое слово состояния процессора.

Разряды приоритета ЦП используются программой для задания уровней, на которых возможно прерывание программы по запросам внешних устройств. ЦП МС 1601 имеет четыре входа запросов прерывания внешними устройствами ЗПР4—ЗПР7, которым соответствуют приоритетные уровни прерывания 4, 5, 6 и 7. Зависимость уровней, на которых разрешено прерывание программы внешними устройствами, от кодов, содержащихся в разрядах 07, 06, 05 РСП, приведена в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Приоритет ЦП	Разряды ССП			Уровни, на которых разрешено прерывание
	07	06	05	
7	1	1	1	Прерывание не разрешено
6	1	1	0	7
5	1	0	1	7, 6
4	1	0	0	7, 6, 5

Разряды 13 и 12 используются для указания режима, предшествующего текущему. Эта информация необходима при возврате из прерывания. Разряды 15 и 14 РСП используются программой для задания текущего режима работы ЦП. При пуске программы командой пультового терминала G содержимое РСП очищается. При включении постоянного питания содержимое РСП очищается по сигналу начальной установки.

Центральный процессор МС 1601 обеспечивает два режима работы: системный (внутренний) и пользователя.

Системный режим работы является привилегированным, в нем обычно работает операционная система. При этом все ресурсы системы находятся в распоряжении программы. В этом режиме выполняются все команды.

Режим пользователя имеет ограниченные возможности при доступе к ресурсам системы. Команда HALT в этом режиме не выполняется, чтобы пользователь не мог остановить микроЭВМ, которая обслуживает несколько пользователей.

Оба режима работы реализуются только при использовании ДП. В каждом режиме используются свой набой регистров активной страницы и свой указатель стека. Выбор режима осуществляется программно путем записи определенных кодов в разряды 15—12 РСП.

Зависимость режимов работы ЦП от кодов, содержащихся в разрядах 15—12 РСП, представлена в табл. 3.3.

При переходе ЦП из одного режима работы в другой режим код из разрядов 15 и 14 РСП переписывается в разряды 13 и 12 соответственно, тем самым информация о предыдущем режиме работы сохраняется. Это используется программой для связи областей памяти в обоих режимах.

Для выполнения команд ПЗ необходимо наличие в

Таблица 3.3

Текущий режим		Предыдущий режим		Режим работы ЦП	
разряд 15	разряд 14	разряд 13	разряд 12	текущий	предыдущий
0	0	0	0	Системный	Системный
1	1	1	1	Пользователя	Пользователя
1	1	0	0	»	Системный
0	0	1	1	Системный	Пользователя
1	0	1	0	Запрещенный код	—

составе ЦП диспетчера памяти, в котором находятся аккумуляторы и регистры состояния (наличие БИС МП с базовым набором команд является обязательным во всех случаях).

Рассмотрим кратко организацию ДП. Длина слова в 16 разрядов позволяет адресовать 64 К байт. Из них 8 К байт резервируются для регистров периферийных устройств. Расширение адресного пространства осуществляется преобразованием 16-разрядного виртуального адреса, вырабатываемого в АЛУ, в 18-разрядный физический адрес для ЦП МС 1601.01 и в 22-разрядный физический адрес для ЦП МС 1601.02. Под виртуальным подразумевается адрес, указанный в программе или хранящийся в счетчике команд. Под физическим подразумевается адрес, устанавливаемый в магистрали. Диспетчер памяти позволяет автоматически преобразовывать виртуальные адреса, указываемые в программе, в адреса физической памяти путем суммирования виртуального адреса с константами, записываемыми в регистры адреса страницы. Виртуальное адресное пространство делится на восемь отдельных страниц по 4 К слов. Каждая страница переадресуется отдельно. Это позволяет размещать программы в несмежных блоках физической памяти.

Диспетчер памяти обеспечивает переадресацию страниц с шагом в 32 слова. Длина страницы задается от 32 слов до 4 К слов с шагом в 32 слова. Это позволяет отводить под небольшие массивы данных соответствующий объем памяти.

Доступ к каждой виртуальной странице определяется следующими режимами защиты памяти:

— разрешены ЗАПИСЬ и ЧТЕНИЕ;

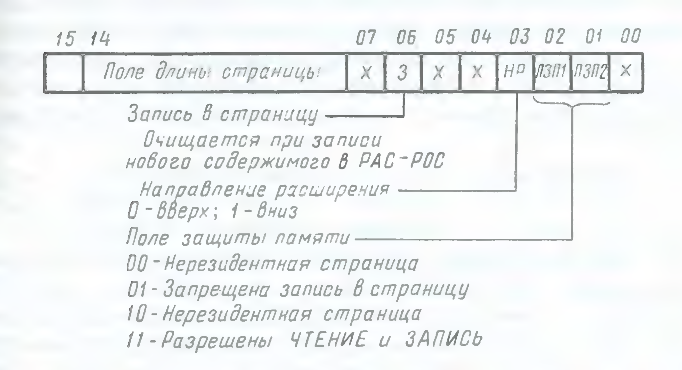
— разрешено только ЧТЕНИЕ;
— запрещен любой доступ.

Попытка нарушения защиты предотвращается диспетчером памяти. Например, при попытке запрещенного чтения (попытке чтения из страницы с кодом защиты, запрещающим любой доступ) информация из ячейки не считывается. При попытке запрещенной записи содержимое ячейки не изменяется. Все попытки запрещенного доступа вызывают немедленное прерывание. Диспетчер памяти запоминает состояние процессора в момент прерывания, чтобы пользователь мог распознать его причину.

Для каждого режима ЦП МС 1601 существует свой набор регистров адреса страницы и регистров описания страницы РАС—РОС. При обращении к памяти выбирается набор РАС—РОС, определяемый разрядами текущего режима РСП. Каждый регистр в наборе имеет свой адрес. В табл. 3.4 приведены номера и адреса всех регистров в обоих наборах. Необходимо отметить, что периферийные устройства не имеют доступа к РАС и РОС.

Регистр адреса страницы можно рассматривать как регистр константы переадресации или как регистр базового адреса страницы.

Регистр ошибки и состояния содержит информацию о направлении расширения страницы, длине страницы и коде защиты, и имеет следующий формат:



Поле защиты памяти (ПЗП) содержит код защиты, указывающий правила обращения к данной странице, и определяет, вызовет ли данное обращение отказ. Операция, вызвавшая отказ, прекращается немедленно. Отказ вызывается при попытках обращения к нерезидент-

Таблица 3.4

Системные регистры страниц			Регистры страниц пользователя		
номер	РАС	РОС	номер	РАС	РОС
0	772 340	772 300	0	777 640	777 600
1	772 342	772 302	1	777 642	777 602
2	772 344	772 304	2	777 644	777 604
3	772 346	772 306	3	777 646	777 606
4	772 350	772 310	4	777 650	777 610
5	772 352	772 312	5	777 652	777 612
6	772 354	772 314	6	777 654	777 614
7	772 356	772 316	7	777 656	777 616

ной странице, попытках записи в страницы, предназначенные только для чтения, и нарушении длины страницы. ПЗП загружается программно. РОС содержит разряд РОС 03, указывающий направление расширения страницы (НР). Если НР = 0, то страница расширяется вверх от относительного нуля.

3.3. Функциональные модули

Запоминающее устройство (ОЗУ) «Электроника МС 3102» является полупроводниковой памятью динамического типа и предназначено для временного хранения программ и данных при работе в составе микроЭВМ «Электроника 60-1». Устройство МС 3102 применяется также в составе микроЭВМ, системный канал которой обеспечивает конструктивную совместимость с микроЭВМ «Электроника 60».

Устройство МС 3102 имеет два исполнения:

1) МС 3102.01 с объемом памяти 256 К байт;

2) МС 3102.02 с объемом памяти 64 К байт.

В ОЗУ исполнения МС 3102.01 используются микросхемы памяти типа К565 РУ5 емкостью 64 К бит, а в ОЗУ МС 3102.02 — микросхемы К565 РУ 6 емкостью 16 К бит.

Питание устройства осуществляется от источника питания постоянного тока напряжением +5 В±5% с потреблением мощности не более 10 Вт. Предусмотрена возможность подключения батарейного питания +5 В. Устройство реализовано в виде двусторонней печатной платы с габаритными размерами 252×143×12 мм и массой не более 0,5 кг. Устройство обеспечивает внутреннюю

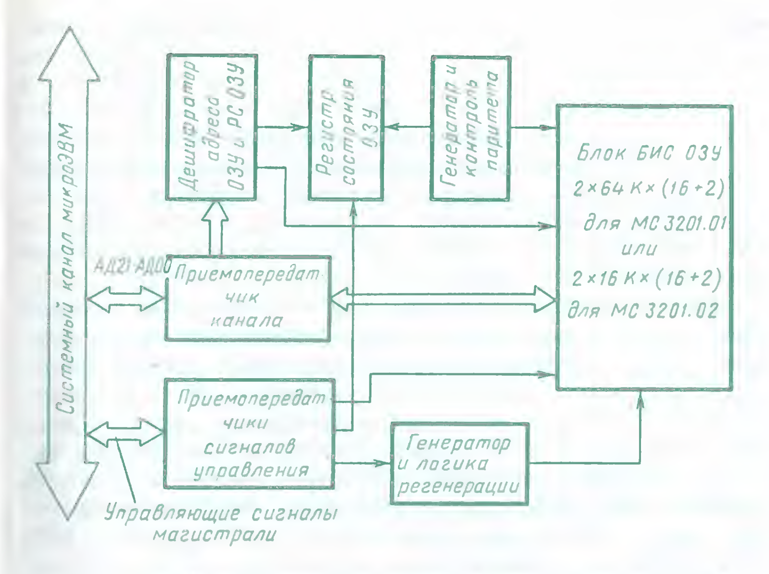


Рис. 3.6. Структурная схема устройства «Электроника МС 3102»

регенерацию динамической памяти с циклом не более 500 нс. При работе в режиме ПДП имеет следующие характеристики:

время выборки — не более 200 нс; длительность цикла обращения к памяти — не более 500 нс. Устройство позволяет осуществлять контроль достоверности считанной информации путем проверки на паритет (четность), имеет индикацию состояния ошибки паритета и обеспечивает перемещение области памяти в адресном пространстве 0 — 4096 К байт с кратностью 256 К байт. При этом адрес области устанавливается пользователем с помощью перемычек.

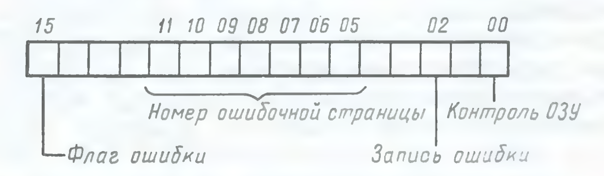
Структурная схема устройства МС 3102 представлена на рис. 3.6. Устройство состоит из 36 БИС памяти и логических схем адресации и управления. БИС памяти образуют два блока памяти по 18 БИС, причем две БИС хранят биты четности младшего и старшего байтов. Данные записывают в память или считывают из памяти ЦП или другим активным устройством, работающим в режиме ПДП, при выполнении следующих циклов обращения к памяти: СЧИТЫВАНИЕ, ЗАПИСЬ, СЧИТЫВАНИЕ — МОДИФИКАЦИЯ — ЗАПИСЬ.

Циклы работы памяти осуществляются в соответст-

вии с временны́ми диаграммами, аналогичными приведенным на рис. 1.8 для устройства ПЗ. Для адресации области памяти 256 К байт дополнительно используются адресные разряды 16 и 17. Верхние 4 К слов зарезервированы для регистров внешних устройств, поэтому сигнал выбора ОЗУ блокируется сигналом ВУ, вырабатываемым при обращении к регистрам внешних устройств. Пользователь имеет возможность уменьшить область адресов внешних устройств с 4 К до 2 К слов путем установки соответствующих перемычек.

Для сохранения информации в БИС динамической памяти необходимо проводить ее регенерацию через каждые 2 мс, в противном случае произойдет потеря хранимой информации. Для этого в устройстве МС 3102 каждые 15—16 мкс происходит регенерация одной строки всех БИС ЗУ. Таким образом, в течение 2 мс последовательно регенерируются все 128 строк. В случае одновременного появления сигналов чтения, записи и регенерации выполняется цикл РЕГЕНЕРАЦИЯ, а затем СЧИТЫВАНИЕ или ЗАПИСЬ.

Для осуществления контроля достоверности считанной информации путем проверки ее на четность устройство имеет регистр состояния (РС) ОЗУ. Адрес РС устанавливается пользователем с помощью перемычек в диапазоне 772 100—772 136. РС ОЗУ имеет следующий формат:



Установка разряда 0 РС (контроль ОЗУ) разрешает установку флага ошибки (разряд 15 РС) и выработку сигналов АД16 и 17 при возникновении ошибки паритета, что приводит при инициировании цикла ВВОД к передаче вектора прерывания с адресом 114. Разряд 0 РС программно считывается и записывается. Установка разряда 02 РС позволяет тестировать схему обнаружения ошибки путем записи в ОЗУ данных с заведомо ошибочным паритетом. Разряд программно считывается и записывается, сброс осуществляется канальным сигналом УСТ. Разряд 15 (флаг ошибки) аппаратно устанавливается при возникновении ошибки паритета, если установ-

лен разряд 0 РС. Разряд программно только считывается, очищается сигналом УСТ.

Разряды 11—05 (номер ошибочной страницы) содержат старшие разряды адреса (АД17—АД11), при обращении к которым возникла ошибка паритета. Данные разряды образуют номер страницы длиной 1 К слов. Возможно лишь программное считывание данных разрядов.

При записи 16-разрядного слова в память схема определения паритета формирует два бита паритета, которые дополняют число единиц в младшем байте до нечетного, а в старшем байте — до четного. При чтении слова из памяти вновь определяется паритет младшего и старшего байтов. Если паритет хотя бы одного байта нарушен, то устанавливается ошибка паритета ОЗУ, приводящая к записи 1 в разряд 16 РС.

Установка устройства МС 3102 возможна в любое свободное гнездо монтажной панели микроЭВМ.

Источник питания (ИП) «Электроника МС 92305.1» [5] предназначен для питания микроЭВМ «Электроника МС 1212» и является импульсным источником питания. По сравнению с ИП БПС6-1 для микроЭВМ «Электроника 60» рассматриваемый источник обладает более высокой надежностью, технологичностью и ремонтопригодностью. Основные эксплуатационные характеристики ИП представлены ниже:

Напряжение питающей сети	— 220 В$^{+10\%}_{-15\%}$
Выходное напряжение	— +5В; +12В; —12В
Ток нагрузки	— 22А; 8А; 1,3 А
Максимальная нестабильность выходного напряжения при всех дистабилизирующих факторах	— ±3,4%; ±3%; ±3%
Температура окружающей среды	— от 5 до 50°С
Удельная характеристика устройства питания	— 48 Вт/дм^3
Наличие сигналов управления: АИП, АСП, ПВС, ОСТ	— есть
Суммарная выходная мощность	— 220 Вт
Потребляемая мощность	— 450 Вт
Масса	— 7 кг

Устройство аппаратной загрузки — диагностики (АПЗ) «Электроника МС 3401» предназначено для работы в составе микроЭВМ в качестве постоянной и (или) электрически перепрограммируемой памяти пользователя. Кроме того, оно содержит микросхемы ПЗУ с программами начальной загрузки и встроенного контроля — диагностики. Питание устройства осуществляется от ис-

точника постоянного тока напряжением +5 В±5% с потребляемой мощностью не более 18 Вт, предусмотрена возможность подключения внешнего стабилизированного источника питания +5 В±5%, если это необходимо для используемых микросхем памяти. Устройство реализовано на двухсторонней печатной плате с размещенными на ней 24 розетками для установки интегральных схем (ИС) ПЗУ 4 типов: К573РФ1, К573РФ2, К556РТ5 или К556РТ7. Общая емкость поля ПЗУ в АПЗ МС 3401 не более 24 К слов. Обращение к нему выполняется через «окно» в 256 слов с адресами ячеек в диапазоне 173 000—173 776. Устройство аппаратной загрузки — диагностики МС 3401 имеет встроенные регистры со следующими адресами:

Регистр страниц (РЕС)	— 177 520
Системный регистр (СИР)	— 177 522
Регистр индикации (РИН)	— 177 524
Регистр конфигурации (РЕК)	— 177 526

Структурная схема устройства МС 3401 представлена на рис. 3.7. Регистр страниц является 16-разрядным регистром, доступным для ЧТЕНИЯ — ЗАПИСИ, и имеет следующий формат:



Он предназначается для формирования физического адреса ПЗУ. При этом формирование адресов ПЗУ осуществляется по принципу страничной адресации: 25 виртуальных адресов поля ПЗУ, расположенных в «окне» 173 000—173 776, преобразуются в 32 К физических адресов. Номер страниц ПЗУ, выбираемых для считывания, предварительно записывается ЦП в РЕС.

При обращении ЦП к полю ПЗУ адрес образуется следующим образом. Осуществляется сдвиг вправо на 1 младших (07—01) разрядов, поступающих с линий АД, а в разряды 14—07 подставляется старший (если АД8=1) или младший (АД8=0) байт содержимого РЕС.

Системный регистр является 16-разрядным регистром, доступным для СЧИТЫВАНИЯ — ЗАПИСИ, и используется программами ПЗУ диагностики.

Регистр индикации является 4-разрядным регистром, доступным только для записи, и служит для индикации результатов выполнения программ ПЗУ диагностики.

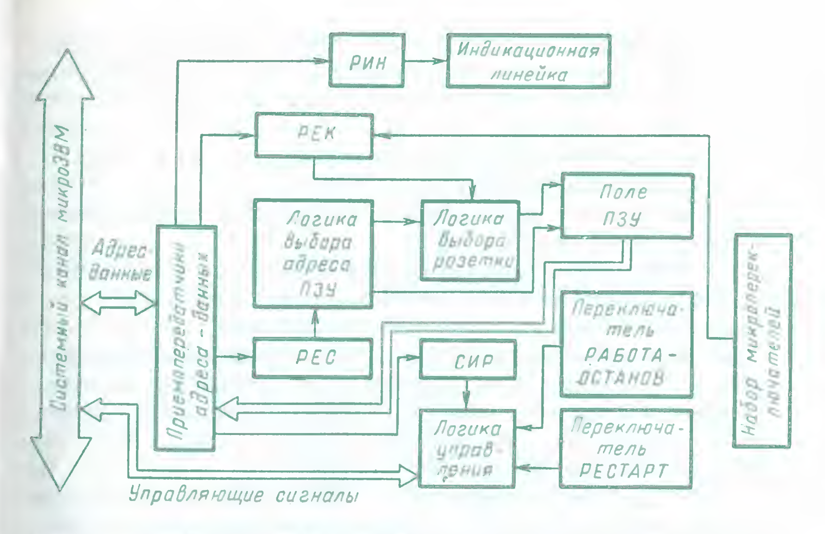


Рис. 3.7. Структурная схема устройства аппаратной загрузки — диагностики «Электроника МС 3401»

Индикация содержимого РИН выполняется поразрядно с помощью светодиодов, расположенных на плате устройства.

Регистр конфигурации предназначается для выбора конфигурации адресного пространства ПЗУ. Доступен только по записи и имеет общий адрес с РИН, который доступен только для чтения.

Помимо четырех индикаторов (выход РИН) на плате АПЗ МС 3401 расположены:

— переключатель РАБОТА — ОСТАНОВ (SA1), обеспечивающий выбор режима работы процессора. Если SA1 находится в положении РАБОТА, то ЦП работает в программном режиме; если SA1 находится в положении ОСТАНОВ, то ЦП работает в режиме связи с пультовым терминалом;

— переключатель РЕСТАРТ (SA2), используемый для начальной установки микроЭВМ и сброса регистров АПЗ;

— индикатор наличия питания, который светится, если напряжение на линии +5 В>+4 В и напряжение на линии +12 В>+9 В;

— набор из 12 микропереключателей для задания содержимого РЕК.

Постоянное запоминающее устройство диагностики АПЗ МС 3401 содержит программы аппаратной загрузки

и диагностики. Для выбора требуемых программ пользователь должен задать содержимое РЕК путем установки переключателей. При этом возможен запуск одного из следующих режимов:

— начальная диагностика ЦП;

— начальная диагностика ОЗУ;

— начальная диагностика интерфейса терминала и переход в режим диалога;

— аппаратная загрузка, осуществляемая в зависимости от положения дополнительных переключателей:

а) при включении питания на рестарте;

б) в режиме диалога с помощью задания имени устройства, с которого осуществляется начальная загрузка системы (НМД типа «ИЗОТ 1370», абсолютный загрузчик с перфоленты, НГМД типа «Электроника ГМД 70», ПЗУ устройства МС 3401).

ПЗУ диагностики содержит также программу записи содержимого поля ПЗУ в определенные области ОЗУ.

При изготовлении устройства МС 3401 в специальные розетки устанавливаются две интегральные схемы ПЗУ типа К573РФ2 с программами аппаратной загрузки — диагностики. Остальные 22 розетки являются свободными и предназначены для установки интегральных схем ПЗУ с программами пользователей.

Интерфейс последовательный «Электроника МС 4601» (И12) предназначен для обмена информацией между микроЭВМ и внешними устройствами, имеющими интерфейс типа «20 мА токовая петля» или СТЫК С2 в соответствии с ГОСТ 18145—81, например дисплеями 15ИЭ-002, 15ИЭ-00-013.

Интерфейс И12 обеспечивает связь с двумя независимыми внешними устройствами со скоростями обмена 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 бит/с, задаваемыми пользователем с помощью микропереключателей.

Основу работы интерфейса составляет принцип асинхронного последовательного обмена, аналогичный используемому в УПО (см. § 2.3). Питание интерфейса осуществляется от источников постоянного тока напряжением +5, +12, —12 В с отклонением ±5%. Токи, потребляемые интерфейсом от этих источников, — 1,0, 0,2, 0,1 А соответственно. Максимальная длина кабеля связи интерфейса с удаленными внешними устройствами не более 15 м. Габаритные размеры интерфейса не более 250×135×12,5 мм; масса не более 0,25 кг.

Интерфейс обеспечивает возможность работы в режиме прерывания программы, адреса вектора прерывания устанавливаются пользователем с помощью переключателей, расположенных на плате интерфейса.

Программно интерфейс МС 4601 представляет собой две группы (по числу каналов) регистров, каждая из которых содержит по четыре регистра: регистр данных приемника (РДПРМ), регистр данных передатчика (РДПРД), регистр состояния приемника (РСПРМ), регистр состояния передатчика (РСПРД). Адреса данных регистров и соответствующих им векторов прерывания устанавливаются пользователем произвольно с помощью специальных перемычек и переключателей. Положение переключателей, установленных на предприятии-изготовителе, определяет обмен информацией 11-битовыми посылками в последовательном коде по типу «20 мА токовая петля» со скоростью обмена 9600 бит/с для обоих каналов, а также адреса регистров внешних устройств и векторов прерывания:

176 500 — РСПРМ 176 502 — РДПРМ 176 504 — РСПРД 176 506 — РДПРД	для канала 1
177 560 — РСПРМ 177 562 — РДПРМ 177 564 — РСПРД 177 566 — РДПРД	для канала 2

300 — адрес вектора прерывания для приемника канала 1
304 — адрес вектора прерывания для передатчика канала 1
60 — адрес вектора прерывания для приемника канала 2
64 — адрес вектора прерывания для передатчика канала 2

Упрощенная структурная схема интерфейса МС 4601 представлена на рис. 3.8. В интерфейсе предусмотрено управление состоянием разрыва линии. Данное состояние передает на линию логический 0, устанавливается программно (РСПРД) и сбрасывается по сигналу УСТ. Формирование и проверка в кодовых посылках битов паритета (четности или нечетности), выбор длины сообщения (5, 6, 7 или 8 бит), а также числа стоповых битов задаются путем коммутирования перемычек.

Подключение внешних устройств к интерфейсу осуществляется с помощью двух 6-контактных разъемов типа СНО53-8/30×9Р-2. Тип связи интерфейса с внешним устройством СТЫК С2 или «20 мА токовая петля» устанавливается пользователем независимо по каждому из каналов с помощью специальных перемычек. Если связь со-

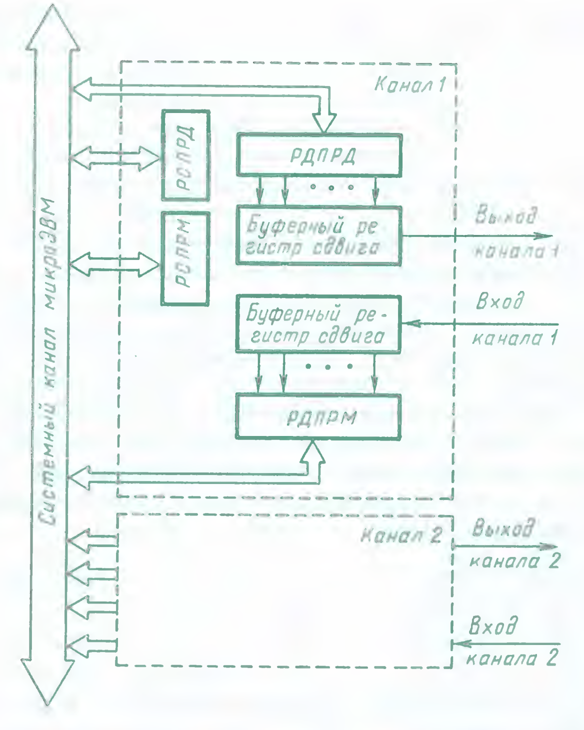


Рис. 3.8. Структурная схема интерфейса МС 4601 (И12)

ответствует ГОСТ 18145—81 (СТЫК С2), то сигналы имеют следующие уровни:

1) логический 0 — не менее +3 В (от +3 до +12 В);
2) логическая 1 — не более —3 В (от —3 до —12 В).

При связи «20 мА токовая петля» можно подключить интерфейс к внешним устройствам в активном и пассивном режимах. При этом в активном режиме для питания входных и выходных цепей используются источники тока в интерфейсе, а в пассивном — источники тока во внешнем устройстве.

3.4. Вычислительные управляющие комплексы и их основные характеристики

На базе рассмотренного ЦП МС 1601 и функциональных модулей реализованы микроЭВМ «Электроника МС 1211» и «Электроника МС 1212» (в дальнейшем МС 1211,

МС 1212). МикроЭВМ данного ряда имеют по сравнению с микроЭВМ «Электроника 60М» более высокое (в 2—3 раза) быстродействие, расширенную систему команд, увеличенный объем памяти и возможность обеспечения мультипрограммного режима работы. Сохраняя программную совместимость с микроЭВМ «Электроника 60М» и миниЭВМ «Электроника 100/25», микроЭВМ данного ряда могут дополнительно выполнять 46 команд над числами в формате с плавающей запятой. Все модули ОЗУ данных микроЭВМ имеют внутреннюю автономную регенерацию памяти. Для сохранения информации в ОЗУ при отключении сетевого питания предусмотрена возможность подключения микроЭВМ к резервным источникам питания +5 В и +12 В.

Рассмотрим более подробно организацию и технические характеристики моделей микроЭВМ ряда «Электроника 60-1» [6].

МикроЭВМ МС 1211 в составе вычислительных комплексов обеспечивает выполнение следующих основных функций:

— мультипрограммной работы;
— работы в реальном масштабе времени;
— работы с разделением времени;
— пакетной обработки;
— возможности организации многомашинных систем;
— возможности работы с периферийными устройствами.

Основные характеристики микроЭВМ в значительной степени определяются входящим в ее состав ЦП МС 1601.01 (см. табл. 3.2).

МикроЭВМ МС 1211 рассчитана на эксплуатацию в следующих условиях:

— температура +(5—50) °С;
— относительная влажность воздуха — до 95% при температуре +30°С;
— атмосферное давление 84—106,7 кПа (630—800 мм рт. ст.);
— вибрация частотой до 25 Гц с ускорением не более 1g.

Питание микроЭВМ производится от сети переменного тока напряжением 220 В $^{+22\text{ В}}_{-33\text{ В}}$ с частотой 50±1 Гц.

МикроЭВМ МС 1211 выпускается в двух модификациях:

МС 1211.01 — встраиваемая модель, выполнена без

корпуса и блока питания и предназначена для встраивания в технологическое и контрольно-измерительное оборудование;

МС 1211.02 — модель, имеющая корпус, блок питания, лицевую панель с пультом управления, предназначена для встраивания в стандартные стойки.

Данная микроЭВМ может быть использована:

— в системах управления технологическими процессами;

— в составе испытательного и контрольно-измерительного оборудования;

— в автоматизированных системах проектирования;

— для научно-технических и экономических расчетов.

Конструкция МС 1211 выполнена аналогично микроЭВМ «Электроника 60» (см. рис. 2.22, 2.23).

Состав обеих модификаций микроЭВМ МС 1211, массогабаритные характеристики и показатели потребляемой мощности приведены в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Обозначение микроЭВМ	Состав	Максимальная мощность по току, В·А		Габаритные размеры, мм	Масса, кг
		постоянному	переменному		
МС 1211.01	Центральный процессор «Электроника МС 1601»; каркас «Электроника МС 9501»	15	—	325×152×85,2	2
МС 1211.02	Центральный процессор «Электроника МС 1601»; интерфейс последовательный «Электроника МС 4601»; запоминающее устройство «Электроника МС 3101»; устройство аппаратной загрузки — диагностики «Электроника МС 3401»; блок комбинированный «Электроника МС 9502»	22 (от резервного источника)	220	626,6×482,6××132,5	20

МикроЭВМ МС 1211 построена по модульному принципу, при котором функциональные блоки представляют собой конструктивно законченные устройства (модули), объединенные единой системной магистралью. Структурные схемы микроЭВМ моделей МС 1211.01 и МС 1211.02 приведены соответственно на рис. 3.9, 3.10.



Рис. 3.9. Структурная схема микроЭВМ МС 1211.01

Конструктивно магистраль микроЭВМ МС 1211 выполнена в виде коммутационной панели, обеспечивающей необходимые электрические соединения между контактами розеток и имеющей два исполнения:

МИ3 — для микроЭВМ МС 1211.01 (рис. 3.9);

МИ2 — для микроЭВМ МС 1211.02 (рис. 3.10).

Магистраль микроЭВМ МС 1211, как и магистраль микроЭВМ «Электроника 60», обеспечивает три типа обмена данными: программный обмен, обмен в режиме передачи управления магистралью (режим ПДП) и обмен в режиме прерывания программы, а также позволяет адресоваться к 256 К байт, из которых старшие 8 К байт, находящиеся в диапазоне адресов 760 000—777 776, ис-

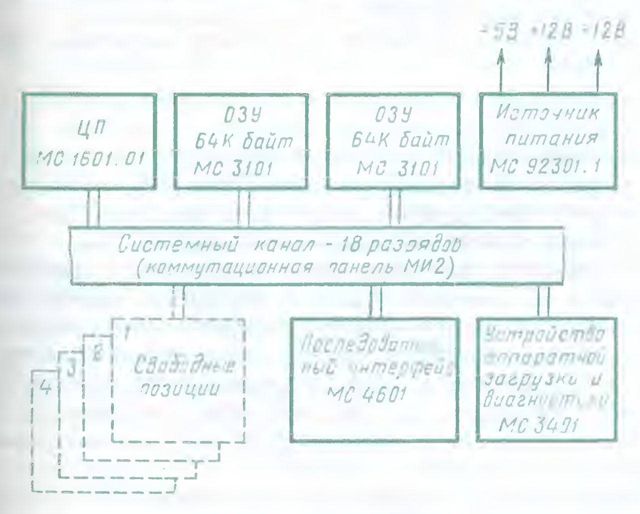


Рис. 3.10. Структурная схема микроЭВМ МС 1211.02

пользуются для регистров внешних устройств. Доступ к памяти объемом свыше 64 К байт производится под управлением диспетчера памяти, размещенного на плате ЦП 1601.01 (описание работы диспетчера памяти приведено в § 3.2).

Панель МИЗ имеет четыре позиции для установки модулей, панель МИ2 — девять.

Для наращивания структуры микроЭВМ МС 1211 и расширения ее функциональных возможностей наряду с функциональными модулями, разработанными для микроЭВМ «Электроника 60-1», возможно использование функциональных модулей микроЭВМ «Электроника 60» за счет их конструктивной и схемотехнической совместимости с системным каналом микроЭВМ МС 1211 и МС 1212. Для этого на коммутационной панели микроЭВМ МС 1211.01 предусмотрены три свободные позиции для установки дополнительных функциональных модулей (интерфейсных плат и модулей ОЗУ). Функциональный состав микроЭВМ МС 1211.02 можно расширить путем установки четырех дополнительных модулей.

Приведем список устройств, рекомендуемых для расширенного состава микроЭВМ:

— интерфейс последовательный МС 4601;

— устройство управления накопителем на магнитной ленте МС 2707;

— устройство управления накопителем на сменных магнитных дисках МС 2701;

— интерфейс накопителя на гибких магнитных дисках МС 4701;

— устройство управления фотосчитывателем В3;

— устройство управления перфоратором В21;

— запоминающее устройство МС 3102;

— устройство параллельного обмена И2;

— устройство прямого доступа к памяти И3;

— таймер программно-управляемый МС 4401.

Для обеспечения возможности работы в режимах прерывания и прямого доступа к памяти необходимо ЦП МС 1601.01 устанавливать в первую (верхнюю) позицию коммутационной панели, а остальные устройства — в следующие в порядке убывания их приоритета (приоритет устройств убывает от верхней позиции к нижней). Плату ОЗУ, не работающую в этих режимах, можно установить в любую позицию.

Для обеспечения надежной работы микроЭВМ МС 1211 необходимо обеспечить согласование магистрали в конце

каждой линии делителями с эквивалентным сопротивлением, равным 120 Ом. В качестве согласующего устройства рекомендуется использовать устройство аппаратной загрузки — диагностики МС 3401, которое должно устанавливаться в последнюю позицию на монтажной панели. В табл. 3.6 представлена карта нагрузок по питанию для микроЭВМ МС 1211.02 (панель МИ2). В микроЭВМ используется блок питания МС 92301. За условную единицу нагрузки на системный канал принимается ток утечки 105 мкА в состоянии логического **0**.

Таблица 3.6

Позиция	Тип устройства	Номер	Потребление по питанию, А			Нагрузка на системный канал, усл. ед
			+5 В	+12 В	−12 В	
1	М6	МС 1601.01	2,0	0,3	—	1
2	И12	МС 4601	1,0	0,1	0,2	1
3	Резерв					
4	»					
5	»					
6	»					
7	П5	МС 3101	1,7	0,37	—	1
8	П5	МС 3101	1,7	0,37	—	1
9	СМ1	МС 3401	1,5	0,05	—	1
	Суммарная нагрузка		7,9	1,19	0,2	5
	Максимальная нагрузка		22,0	8,0	1,0	20
	Резерв		14,1	6,81	0,8	15

Дальнейшим развитием микроЭВМ МС 1211 является микроЭВМ МС 1212 (рис. 3.11), отличающаяся от последней увеличенным объемом адресуемой памяти (4 М байт по сравнению с 256 К байт) и повышенным быстродействием (обеспечиваемым за счет использования в ОЗУ больших интегральных схем К565 РУ5 с организацией 64 К×1). Вместе с тем увеличение объема ОЗУ позволяет реализовать эмулятор накопителя на магнитных дисках с повышенным быстродействием.

Так же как микроЭВМ МС 1211, микроЭВМ МС 1212 предназначена для встраивания в стойки с размерами по стандарту СТ СЭВ 834—77 и может быть использована в автоматизированных системах проектирования и управления технологическими процессами, а также в со-

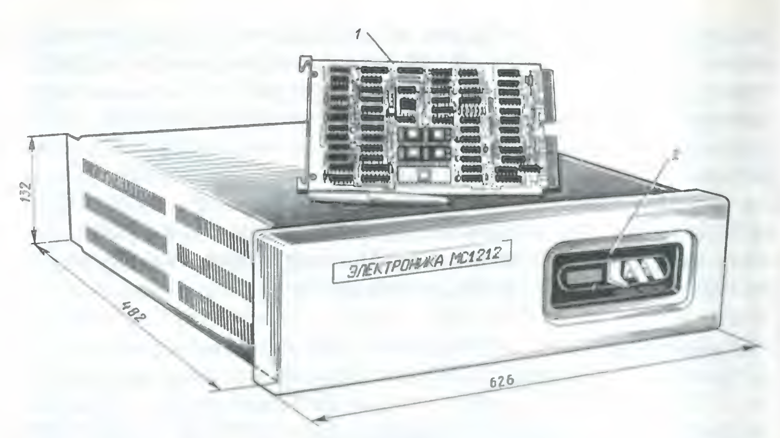


Рис. 3.11. Общий вид микроЭВМ МС 1212:
1 — центральный процессор МС 1601, *2* — панель управления (назначение органов управления аналогично микроЭВМ «Электроника 60»)

ставе испытательного и контрольно-измерительного оборудования. МикроЭВМ МС 1212 содержит:

— центральный процессор «Электроника МС 1601.02»;

— интерфейс последовательный «Электроника МС 4601»;

— запоминающее устройство «Электроника МС 3102.01»;

— устройство аппаратной загрузки — диагностики «Электроника МС 3401»;

— блок комбинированный «Электроника МС 9502».

МикроЭВМ МС 1211 имеет следующие основные технические характеристики:

Производительность:	
— при решении задач оперативного управления	— 220 тыс. ком/с
— при решении научно-технических задач	— 68 тыс. ком/с
Число команд	— 138 (программная совместимость с микроЭВМ «Электроника 60М» и миниЭВМ СМ4, «Электроника 100/25», «Электроника 79»)
Максимально адресуемый объем памяти	— 4 М байт
Емкость ОЗУ	— 256 К байт
Время выборки ОЗУ	— 200 нс (с выполнением контроля по четности)
Возможность подключения к двум источникам питания — основному и резервному (батарейному)	

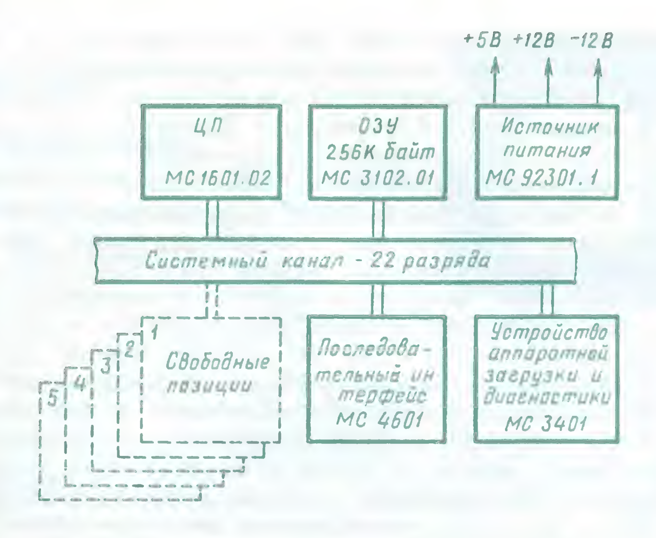


Рис. 3.12. Структурная схема микроЭВМ МС 1212

Аналогично всем моделям семейства «Электроника 60», микроЭВМ МС 1212 имеет модульный принцип построения, при котором все функциональные блоки выполнены в виде законченных модулей, объединенных с помощью системного канала.

Упрощенная структурная схема МС 1212 представлена на рис. 3.12.

Системный канал содержит 42 линии связи, из которых 40 линий являются двунаправленными, и позволяет адресоваться к адресному пространству 4 М байт. Пространство адресов в диапазоне 760 000 до 777 776 (объемом 8 К байт) используется для регистров внешних устройств. Адресные пространства ОЗУ и регистров внешних устройств независимы, так как при адресации к внешним устройствам формируется сигнал ВУ. Доступ к памяти объемом свыше 64 К байт производится под управлением диспетчера памяти, размещенного на плате центрального процессора МС 1601.02. При этом, если работа диспетчера памяти разрешена, виртуальное адресное пространство микроЭВМ МС 1212 разбивается на 8 страниц по 8 К байт, каждая из которых независимо переадресуется по всему объему физической памяти. В микроЭВМ МС 1212 имеется таймер с периодом сигнала 20 мс и адресом вектора прерывания 100.

Конструктивно микроЭВМ МС 1212 выпускается в едином с МС 1211.02 базовом комбинированном блоке, обеспечивающем размещение на коммутационной панели МИ2 до девяти модулей, и обладает массогабаритными, мощностными и нагрузочными характеристиками, аналогичными характеристикам МС 1211.02.

Для расширения функционального состава микроЭВМ предусмотрено пять свободных позиций, в которые устанавливаются функциональные модули микроЭВМ «Электроника 60». [По сравнению с МС 1211.02 дополнительная (пятая) свободная позиция появляется при использовании одного модуля ОЗУ МС 3102.01 вместо двух модулей МС 3101.] Порядок установки в коммутационную панель основных модулей, работающих в режимах прерывания и прямого доступа, электрическое согласование системного канала, а также функциональная, электрическая и конструктивная связь модулей микроЭВМ МС 1212 с внешними устройствами являются общими с МС 1211.02.

глава 4

Особенности программного обеспечения семейства микроЭВМ «Электроника 60»



Широкое применение микроЭВМ семейства «Электроника 60» в различных областях народного хозяйства в значительной степени обусловлено развитым программным обеспечением. Программная совместимость с СМ ЭВМ позволяет использовать большое число программ, разработанных для миниЭВМ. Для пользователей микроЭВМ семейства «Электроника 60» разработаны и поставляются следующие операционные системы и языки программирования:

1. Перфоленточная операционная система (ПЛОС), представляющая собой комплекс программ, предназначенных для подготовки программ пользователя с помощью перемещающего Ассемблера и их последующей трансляции, отладки и выполнения на микроЭВМ с перфоленточными устройствами ввода—вывода.

2. Фоново-основная дисковая операционная система (ФОДОС-1, ФОДОС-2, ФОДОС-3), предназначенная для использования в проблемно-ориентированных вычислительных комплексах, построенных на базе микроЭВМ. Усовершенствованный вариант системы ФОДОС-3 обеспечивает:

— поддержку всех типов ЦП семейства;

— поддержку периферийных устройств новых типов (накопителей на жестких дисках типа «винчестер», накопителей на гибких магнитных дисках, видеомониторов и т. д.);

— использование в микроЭВМ оперативной памяти емкостью до 4 М байт;

— использование командного языка, совместимого с другими операционными системами;

— создание пользователями командного языка;

— мультитерминальную поддержку на программном уровне;

— программирование на языке Ассемблер, ФОРТРАН 4, БЕЙСИК, а при использовании трансляторов, разработанных для операционных систем РАФОС 2 или ОС ДВК, — на языках МОДУЛА 2, ПАСКАЛЬ, СИ и др.

3. Многопользовательская операционная система реального времени (ОС РВ), совместимая с ОС РВ СМ ЭВМ, языками программирования Ассемблер, ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ, СИ, БЕЙСИК.

4. Мультипрограммная исполнительная система реального времени (МИС РВ), совместимая с ОС РВ.

5. Инструментальная мобильная операционная система (ИНМОС), совместимая с ОС ЮНИКС.

Возможность работы с операционными системами и языками программирования различных типов обеспечивает для каждого конкретного приложения наилучшее сочетание аппаратных и программных средств микроЭВМ.

4.1. Компоненты базового программного обеспечения и этапы разработки прикладных программ

Структура программного обеспечения (ПО) микроЭВМ «Электроника 60» и «Электроника 60-1» представлена на рис. 4.1 (ПО ПВК «Электроника МС 0585» описано в гл. 5).

Рассмотрим кратко назначение основных компонентов ПО [7].

Тестовое ПО, предназначенное для проверки работоспособности, наладки и поиска неисправностей вычислительных комплексов, построенных на базе микроЭВМ «Электроника 60» и «Электроника 60-1», объединяет все тестовые средства вычислительного комплекса в систему. Подробно состав и функции тестового ПО рассмотрены в гл. 6.

Прикладное ПО включает в себя набор программ и отдельных модулей, разрабатываемых пользователем для решения конкретной прикладной задачи.

Системное ПО осуществляет управление процессом создания, отладки и выполнения прикладных программ пользователя.

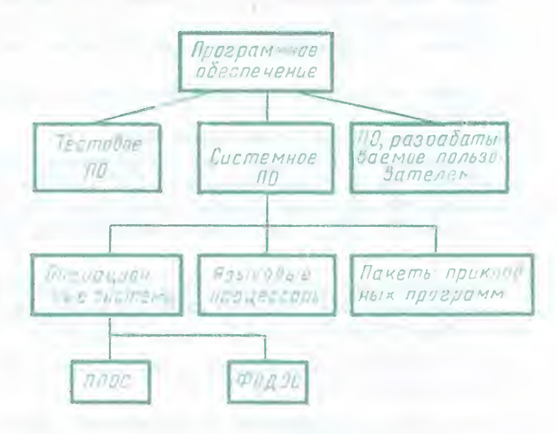


Рис. 4.1. Структура программного обеспечения

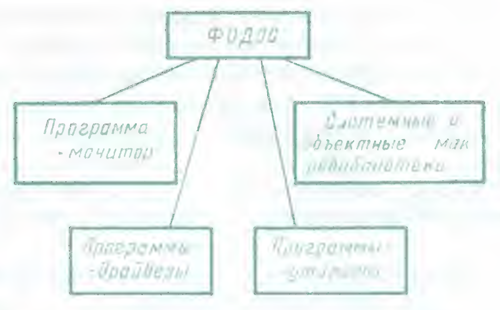


Рис. 4.2. Состав операционной системы ФОДОС

Ключевым подмножеством системного ПО являются операционные системы (ОС), определяющие основные особенности и режимы работ по созданию и выполнению программ. Рассмотрим состав двух основных ОС, входящих в состав ПО: перфоленточную ОС ПЛОС и дисковую ОС ФОДОС.

В состав ПЛОС входят следующие основные программные компоненты: редактор текста, перемещающий Ассемблер, Ассемблер, компоновщик, отладчик, супервизор ввода—вывода, программы перфорации и восьмеричной печати, начальный и абсолютный загрузчики.

Примерный состав ОС ФОДОС представлен на рис. 4.2 [8,9].

Основной управляющей программой ОС ФОДОС служит *программа-монитор,* являющаяся связующим звеном между пользователем, аппаратурой и системным ПО. Она принимает, анализирует и выполняет специальные команды управления системой. В состав ОС входят также *программы-драйверы,* осуществляющие управление устройствами конкретных типов (дисками, терминалами, печатающими устройствами и т. д.). Для каждого устройства имеется программа-драйвер, реализующая алгоритм управления этим устройством. Следующим типом программ, входящих в состав ОС, являются *программы-утилиты*:

— программа-редактор позволяет создавать и корректировать текстовую информацию;

— программы файловой поддержки дают возможность пользователю манипулировать программами и данными, передавать их с одних периферийных устройств на другие, обновлять и при необходимости уничтожать.

— программы-отладчики помогают отыскивать и исправлять ошибки в программах пользователя;

— программа-библиотекарь обслуживает библиотеки программных модулей. По командам монитора библиотекарь, например, может включать, извлекать модули из библиотек;

— редактор связей компонует объектные модули, получаемые в результате трансляции, в загрузочные модули;

— программа сравнения исходных текстов определяет различия в двух текстовых файлах;

— программа распечатки содержимого памяти анализирует нетекстовые файлы.

Помимо перечисленных в состав ОС ФОДОС входят также программы поддержки некоторых языков программирования, представляемые обычно в виде *системных объектных библиотек и макробиблиотек.*

Для разработки программ используются языки программирования высокого уровня и машинно-ориентированные языки. Трансляторы, или языковые процессоры, составляют второе подмножество системного ПО. Они работают под управлением ОС и перекодируют исходные тексты программ в последовательности инструкций, выполняемые процессором микроЭВМ.

Базовое ПО семейства микроЭВМ «Электроника 60» позволяет разработчику создавать прикладные программы с помощью языков программирования МАКРО, БЕЙСИК, ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ.

Языки высокого уровня по сравнению с машинно-ориентированными языками просты в изучении и использовании. Каждый оператор языка высокого уровня при трансляции преобразуется в несколько машинных инструкций. Языки ФОРТРАН, ПАСКАЛЬ и другие проблемно-ориентированные языки позволяют сконцентрировать внимание разработчика программ на решении задачи, так как ему не требуется знать и понимать архитектуру микроЭВМ, систему команд и множество других технических тонкостей. Однако такие языки обладают некоторой избыточностью по сравнению с машинно-ориентированными языками по объему памяти, а также меньшим быстродействием оттранслированных модулей.

Используя машинно-ориентированные языки, можно управлять ресурсами микроЭВМ в полной мере. К таким

языкам относится язык МАКРО, краткое описание которого приведено в § 5.3.

Еще одно подмножество программ, которое входит в состав системного ПО, составляют пакеты прикладных программ, предназначенные для решения задач с помощью микроЭВМ. Обычно такие пакеты поставляются дополнительно по заказу пользователей и предназначаются для решения научных задач, выполнения статистических расчетов, решения задач в системах автоматизированного проектирования (САПР), управления машинной графикой и т. д.

Пакеты прикладных программ может создавать пользователь, однако применение готового ПО (если это возможно) практически всегда положительно сказывается на ходе разработки.

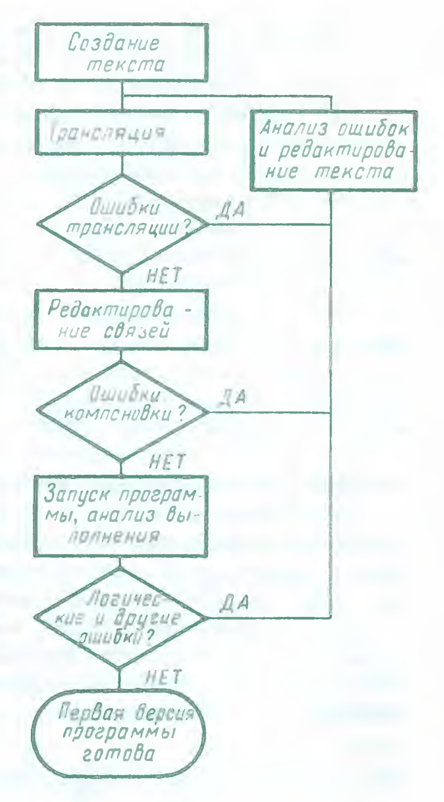


Рис. 4.3. Алгоритм разработки программного обеспечения

Процесс разработки программ заключается в последовательном выполнении таких этапов [10, 11]:

— создание файла исходного текста и его редактирование;

— трансляция, получение объектного кода;

— компоновка и редактирование связей;

— запуск программы, анализ выполнения.

Рассмотрим связь между данными этапами. Результатом этапа создания и редактирования текста, проводимого с помощью программ-редакторов, является получение файла исходного текста программы на одном из языков, поддерживаемых ОС (ФОРТРАН, МАКРО и т. д.). Файл исходного текста является входной информацией для программ-трансляторов. Транслятор преобразу-

ет исходный текст программы, представленный в виде символов кода КОИ-7, в объектный модуль, который содержит переведенную в машинные инструкции программу и некоторую вспомогательную информацию. Объектный модуль еще не пригоден для выполнения, так как содержит неопределенные ссылки между частями основной программы и отдельными модулями. Поэтому полученные объектные файлы подвергаются компоновке с помощью редактора связей в один загрузочный модуль, который доопределяет все неопределенные ссылки и подключает при необходимости модули из системной библиотеки и библиотек пользователя. Результатом работы редактора связей является файл отображения памяти, который системным загрузчиком непосредственно загружается в память микроЭВМ.

Выполнение этапов происходит в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 4.3.

Выполнение каждого из этапов разработки программ требует знаний соответствующих инструкций командного языка, физического смысла происходящих в ОС процессов, умения работать с программами-утилитами.

Далее рассматриваются особенности использования основных компонентов базового ПО при разработке пользователем прикладных программ для микроЭВМ семейства «Электроника 60».

4.2. Операционная система ФОДОС

Фоново-основная дисковая операционная система реального времени используется в проблемно-ориентированных вычислительных комплексах, выполненных на базе мини- и микроЭВМ, с системой команд микроЭВМ «Электроника 60».

Рассмотрим организацию ОС ФОДОС [8,9].

Файлы ОС ФОДОС. Операционная система ФОДОС организована в виде файлов, которые хранятся в запоминающих устройствах — накопителях на магнитных дисках. Взаимодействуя с ОС, пользователь создает свои файлы. Обращение к файлу происходит по имени файла, содержащего собственно имя и тип файла. Вместе с именем файла можно указывать логическое или физическое имя устройства, на котором этот файл должен быть создан или уже существует.

Пример: RK1: PROG. TXT. Файл с именем PROG текстового типа на первом приводе НМД СМ 5400.

Перечислим основные типы файлов ОС ФОДОС:
— текстовые, создаваемые пользователем:
MAC — программа на языке МАКРО;
FOR — программа на языке ФОРТРАН;
PAS — программа на языке ПАСКАЛЬ;
BAS — программа на языке БЕЙСИК;
TXT — текстовая документация;
LST — файл листинга программы;
MAP — файл карты загрузки, создаваемый программой;
COM — косвенный командный файл;
— объектные, создаваемые в результате трансляции или извлекаемые из объектных библиотек, — OBJ;
— отображения памяти, получаемые при редактировании связей объектных файлов и объектных библиотек, — SAV;
— системные — программы монитора или драйверов устройств — SYS.

Устройства ОС ФОДОС. Все внешние устройства, входящие в состав вычислительного комплекса, управляемого ОС ФОДОС, имеют физическое имя, одно или несколько логических имен. Логические имена устройств обеспечивают независимость программы пользователя от конкретных внешних устройств в операциях ввода—вывода. Обращаясь к устройству с логическим именем DK, можно обмениваться данными с накопителем на гибком магнитном диске НМД СМ 5400 или НМД ЕС 5061 (29 М байт), имеющим различные физические имена — DX, RK, DP соответственно. Обычно физические имена устройств совпадают с именами драйверов ОС. Например, драйвером накопителя на магнитной ленте ИЗОТ 5003, имеющим физическое имя MT, является системный файл MT.SYS.

В ОС ФОДОС устройства классифицируются по физической структуре (файловая и нефайловая) и методу обработки (последовательный и произвольный доступ) (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Структура	Последовательный доступ	Произвольный доступ
Файловая	Накопитель на магнитной ленте	Накопитель на магнитных дисках
Нефайловая	Перфоленточное устройство Печатающее устройство Терминал	

В таблице представлена классификация некоторых периферийных устройств ОС ФОДОС.

Команды монитора. Управление системными операциями в ОС ФОДОС осуществляется с помощью командного языка монитора [9]. Из трех компонентов монитора (резидентного монитора RMON клавиатурного монитора KMON и программы обслуживания пользователя USR) взаимодействие пользователя с ОС обеспечивает клавиатурный монитор. На готовность KMON к приему инструкций командного языка указывает точка в левой позиции текущей строки терминала.

Специальные команды монитора. Для управляющих воздействий общего характера, таких, например, как прерывание выполнения программы с последующим выходом в монитор (двукратное нажатие СУ/С), приостановка и возобновление выдачи на терминал (СУ/S, СУ/Q), стирание текущей строки (СУ/U), используется набор так называемых специальных команд монитора. Они выполняются при нажатии клавиши СУ и другой клавиши (C, S, Q, U) одновременно.

Подробное описание командного языка приводится в документации на операционную систему ФОДОС.

Редактирование текстов. Работа с текстовыми файлами — важный этап в разработке программ. Текст представляет собой совокупность строк печатных символов, ограниченных символами возврата каретки. Текстовые файлы содержат разнообразную информацию, но обычно они содержат исходные тексты программ, структуры данных, а также документы — письма, руководства, описания и т. д. Для создания таких файлов и работы с ними используются специальные программы — редакторы текста. С помощью редактора выполняются разнообразные операции над текстами: создание нового текста, удаление и перемещение сегментов текста, поиск и замена текстовых шаблонов. При этом используются соответствующие команды редактора. Имеется большое разнообразие редакторов текста, функционирующих в рамках операционной системы ФОДОС. Они обладают различными возможностями и требуют различных ресурсов. Редакторы текста разделяются на две группы: построчные и экранные.

При работе с *построчными редакторами* основной обрабатываемой единицей текста является строка. Особенностью работы является то, что все команды редактирования вводятся с алфавитно-цифровой клавиатуры

и отсутствует непосредственное управление кареткой устройств отображения. Основное достоинство этих редакторов — возможность работы с разнообразными устройствами отображения. Однако пользоваться ими по сравнению с экранными труднее. Примером построчного редактора является редактор EDIT.

При работе с *экранными редакторами* выполняется редактирование текстовой информации, отображаемой на экране видеотерминала с непосредственным управлением маркером. Это позволяет существенно повысить эффективность использования редактора и максимально упростить процесс редактирования.

Рассмотрим основные возможности и команды одного из наиболее популярных в системе ФОДОС текстовых редакторов — экранного редактора К 52.

Начало работы с редактором. Вызов текстового редактора осуществляется двумя способами:

1) непосредственным запуском по команде RUN К52;
2) командой монитора EDIT, если прежде в качестве редактора был установлен редактор К52.

Для обоих способов в командной строке редактору должна быть указана спецификация создаваемого или редактируемого файла. Непосредственно после ввода командной строки в случае отсутствия ошибок (например, отсутствия на диске указанного для редактирования файла) содержимое файла становится доступным для редактирования. Если создается новый текстовый файл, то на экране видеотерминала отображается признак конца файла и редактор переходит в режим ожидания ввода. Для работы данного редактора необходим видеотерминал, позволяющий осуществлять прямую адресацию маркера, т. е. перемещать маркер в произвольную позицию экрана. В частности, такую возможность предоставляет видеотерминал 15ИЭ-00-013.

При редактировании все операции выполняются не с файлом, а с его копией. Если редактирование прошло успешно, то создается новый файл с прежним названием, а исходному файлу присваивается другой тип файла — ВАК. Таким образом, после окончания редактирования на диске будут два файла с одним и тем же именем, но различных типов. Эта особенность позволяет избежать случайной утраты файла или внесения в него нежелательных изменений.

Основные команды редактора. Ввод

команд редактирования осуществляется тремя способами:

1) переходом в командный режим с последующим набором команды;

2) нажатием клавиш на функциональной клавиатуре;

3) нажатием клавиш на дополнительной цифровой клавиатуре.

Подробно назначение клавиш дополнительной и функциональной клавиатур приводится в документации по экранному редактору [8]. Каждая клавиша дополнительной клавиатуры выполняет основную и альтернативную функции. Альтернативная функция осуществляется последовательным нажатием клавиши ВЫБОР ФУНКЦИИ и требуемой функциональной клавиши. Простейшие операции редактирования выполняются посредством клавиш на функциональной клавиатуре. С их помощью можно осуществлять и непосредственное управление маркером. Так, нажатием клавиши → производится переход к следующей позиции в строке. В случае ввода неправильной команды (например, попытка перехода к следующей строке из последней строки в файле) подается звуковой предупреждающий сигнал. Причину ошибки можно узнать нажатием клавиши ↓, по которой выдается текстовое сообщение о причине ошибки.

Ввод текста осуществляется в режиме вставки вводимых символов. Ввод строки завершается нажатием клавиши возврата каретки. При этом маркер переходит к следующей строке.

Единицы текста удаляются нажатием следующих клавиш:

6 — символа;
⟨ЗБ⟩ — левого символа;
⟨ПС⟩ — левого слова;
9 — правого слова;
⥉ — строки;
⤓ + 2 — от текущего положения маркера до конца строки;
CTRL/U — от текущего положения маркера до начала строки.

Особенностью данного экранного редактора является то, что каждая удаленная единица текста — слово, символ, строка — не исчезает бесследно, а помещается в специальный буфер сохранения. Для восстановления ошибочно удаленной единицы текста необходимо выполнить альтернативную функцию клавиши удаления текста.

Любую функцию редактора можно выполнить требуемое число раз, если указать кратность ее выполнения. Это осуществляется последовательным нажатием клавиши выбора функции ⍏, ввода кратности выполнения команды и выполнения самой команды.

При работе с большими текстовыми массивами редактор имеет команды селектирования и извлечения. Так, для перемещения текст селектируется (помечается) маркером после нажатия клавиши • и помещается в буфер сохранения по команде 3. Для восстановления текста в требуемом месте файла из буфера сохранения выполняется альтернативная функция клавиши 3. Контекстный поиск — поиск по заданному шаблону, в качестве которого можно использовать символ или слово, — осуществляется следующим образом. После нажатия клавиш ⍖ + 8 осуществляется ввод шаблона, который заканчивается нажатием клавиши выбора направления (4 или 5). Если текст по шаблону найден, то маркер устанавливается под его началом. Поиск по шаблону можно продолжить нажатием клавиши 8. Если в результате поиска по шаблону искомый текст не найден, то подается звуковой сигнал.

Завершение работы с редактором. После проведения необходимых изменений в существующем файле или создания нового файла работа с редактором должна быть завершена. Для этого в командном режиме вводится команда EXIT (выход). По этой команде сохраняются результаты редактирования в новом файле с тем же именем, что и у прежнего. Тип прежнего файла изменяется на ВАК. Если в процессе редактирования были допущены ошибки, то выход без сохранения результатов редактирования осуществляется вводом команды QUIT (покинуть). В этом случае редактируемый файл остается без изменений.

Сравнение файлов. В процессе работы с текстовыми данными возникает необходимость в сравнении двух текстовых файлов для выяснения отличий между ними. Сравниваться могут, например, старая и новая версии программы для уяснения изменений, введенных в текст.

Операционная система ФОДОС обладает возможностью сравнения файлов, состоящих из символов КОИ-7. В процессе работы система последовательно (символ за символом) сравнивает два текста и выдает на терминал (или другое устройство) отличающиеся строки сравниваемых файлов. Для сравнения используется команда

монитора DIFFERENCES. После ее ввода система ФОДОС вызывает программу-утилиту SRCCOM. SAV, находящуюся на системном томе.

4.3. Программирование на языке МАКРО

Язык программирования МАКРО является машинно-зависимым языком, разработанным для микроЭВМ типа «Электроника 60». Этот язык позволяет создавать компактные и высокоэффективные программы, которые невозможно получить с помощью трансляторов с языков высокого уровня; максимально использовать возможности операционной системы. В качестве операторов транслятор языка МАКРО использует мнемонические обозначения системы команд микроЭВМ «Электроника 60» [12, 13]. Программа, написанная на языке МАКРО, представляет собой последовательность строк, каждая из которых имеет такой формат:

Метка: оператор операнд (ы); комментарий.

Здесь оператор — это инструкция из системы команд микроЭВМ «Электроника 60» или директивы транслятора, управляющие процессом трансляции программы. Необязательный параметр «метка» идентифицирует строку текста и таким образом позволяет ссылаться на нее из других частей программы. Необязательный комментарий обычно описывает функцию, выполняемую данной строкой программы.

Языковой процессор МАКРО является транслятором, который воспринимает информацию в заданном формате (исходный текст программы) и транслирует ее в другой формат (объектный код), последовательно обрабатывая каждый оператор исходного текста и генерируя одну или несколько машинных инструкций. Действие транслятора можно представить схемой, приведенной на рис. 4.4.

В процессе обработки исходных текстов транслятор МАКРО осуществляет следующие функции:

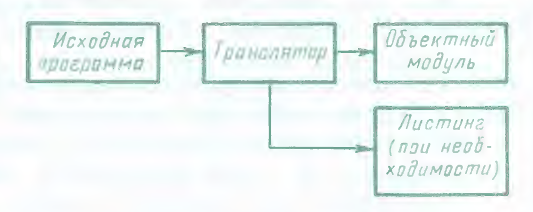


Рис. 4.4. Схема действия транслятора

— подсчитывает инструкции в исходном тексте программы и определяет их относительное положение в памяти микроЭВМ;

— собирает в таблицы информацию о всех определенных программистом символах и их значениях;

— преобразует мнемонику языка транслятора, символы, определенные программистом, и их числовые величины в эквиваленты на машинном языке.

Для трансляции программы, написанной на языке МАКРО, необходимо наличие файла MACRO. SAV, на системном устройстве — SY. В этом случае для запуска транслятора можно использовать команду монитора MACRO. Предположим, что на устройстве DK: в файле PROG. MAC содержится исходный текст программы. Для ее ассемблирования воспользуемся одним из форматов команды. Полный формат:

MACRO ⟨ВК⟩

Files? PROG/LIST/CROSSREFERENCE ⟨ВК⟩

Сокращенный формат:

MACRO/LIST/CROSSREFERENCE PROG ⟨ВК⟩

Ключи/LIST и/CROSSREFERENCE указывают на необходимость создания в процессе трансляции листинга и таблицы перекрестных ссылок. Тип файла MAC опущен, так как транслятор по умолчанию в качестве исходного использует файл с таким типом. Система автоматически присваивает имя PROG. OBJ объектному файлу и имя PROG. LST файлу листинга.

По окончании процесса трансляции на терминал выводится сообщение, например:

? MACRO — W — Errors detected: 6

PROG, DK: PROG/C = DK:PROG

Это сообщение означает, что в процессе трансляции в исходном тексте обнаружено 6 ошибок. Для определения характера ошибок следует обратиться к листингу трансляции. Просмотр файла листинга возможен с помощью следующих команд:

PRINT ⟨ВК⟩
Files? PROG. LST ⟨ВК⟩ — для вывода на печать;
или
PRINT PROG. LST ⟨ВК⟩

TYPE ⟨BK⟩
Files? PROG. LST ⟨BK⟩
или — для вывода на терминал.
TYPE PROG. LST ⟨BK⟩

В процессе работы над программой может возникнуть необходимость компоновки нескольких модулей, написанных как на языке МАКРО, так и на языках высокого уровня (в этом случае должны быть соблюдены определенные системные соглашения), в единое целое для получения рабочей программы. Эти действия производятся системной программой —редактором связей. Кроме компоновки модулей редактор связей ставит в соответствие относительным адресам, определенным в процессе работы транслятора МАКРО, физические адреса, занимаемые модулем при его размещении в памяти микроЭВМ. В результате работы редактора связей из одного или нескольких объектных модулей создается файл отображения памяти, т. е. файл, содержащий полную картину памяти микроЭВМ непосредственно перед выполнением программы.

Если программа не содержит ошибок, то загрузка в память файла PROG. SAV, созданного редактором связей, и его выполнение приводят к желаемому результату. Однако обычно за написанием программы следует ее отладка, в процессе которой обнаруживаются, локализуются и исправляются ошибки, допущенные при написании программы. Для облегчения отладки в состав операционной системы ФОДОС включается системная программа-отладчик ODT.

Отладчик ODT является интерактивным, позволяющим программисту управлять выполнением программы с терминала. Чтобы использовать отладчик, его необходимо скомпоновать с отлаживаемой программой, применив команду

LINK/MAP/DEBUG ⟨BK⟩

Files? PROG ⟨BK⟩

или

LINK/MAP/DEBUG PROG ⟨BK⟩

При этом будет создан файл PROG. SAV, а на печать выведена карта распределения памяти, которая обычно используется для определения физического рас-

положения в памяти микроЭВМ контрольных точек отлаживаемой программы.

Загрузка и выполнение загрузочного модуля производятся командой RUN. При этом управление передается отладчику ODT, который выводит на терминал:

ODT VØ5. ØØ
*

Символ * означает, что программа находится в состоянии ввода команд отладчика, с помощью которых можно управлять выполнением программы.

Для работы с отладчиком необходимо иметь листинг трансляции каждого отлаживаемого модуля, однако при этом возникает неудобство, заключающееся в том, что адрес ячейки в листинге отсчитывается относительно начала модуля, а физический адрес ее в загрузочном модуле — относительно адреса загрузки, отличного от нуля. Так, если адрес ячейки MEM в листинге составляет 166, а адрес загрузки модуля — 3672, то физический адрес ячейки MEM составит 4060 (3672 + 166). Для того чтобы избежать такого рода вычислений, в отладчике существуют 8 регистров смещения, в которые можно записать базовые адреса. Занесение базового адреса в регистр смещения 3 производится командой 3672; 3R. Чтобы адресоваться к ячейке MEM, можно указать 3,166, что означает смещение 166 относительно регистра смещения 3. Если после ввода адреса (в абсолютном или относительном формате) ввести символ /, то отладчик распечатает содержимое указанной ячейки, т. е. откроет ее. Открытую ячейку можно закрыть вводом одного из символов: ВК, ПС, ¬, _, @, >, <. Если перед вводом одного из них ввести число, то оно воспринимается как новое содержимое ячейки. При вводе указанных символов отладчик выполняет следующие действия:

1) ⟨ВК⟩ — закрывает текущую ячейку и переходит в режим ожидания команды;

2) ⟨ПС⟩ — закрывает текущую ячейку и открывает следующую;

3) ¬ — закрывает текущую ячейку и открывает предыдущую;

4) _ — закрывает текущую ячейку и открывает ячейку с адресом: ⟨адрес текущей + 2⟩ + ⟨содержимое текущей ячейки⟩ (т. е. рассматривается содержимое текущей ячейки как смещение относительно счетчика команд);

5) @ — интерпретирует содержимое текущей ячейки как абсолютный адрес и открывает ячейку с этим адресом;

6) > — интерпретирует содержимое текущей ячейки как команду перехода и открывает ячейку, к которой осуществляется переход в результате выполнения данной команды;

7) команды __, @,> нарушают последовательный просмотр программы, однако отладчик хранит адрес последней ячейки, которая была открыта командами /, ⟨ПС⟩, ¬. При вводе команды ⟨происходит возврат к этой ячейке. Отладчик ODT позволяет интерпретировать содержимое ячейки памяти в кодах КОИ-7 и RADIX = = 5Ø. Инструкция \ приводит к открытию байта, печати его содержимого в числовом виде и, если возможно, в виде литеры кода КОИ-7. Предыдущие и последующие байты можно просмотреть соответственно с помощью команд ¬ и ⟨ПС⟩. Если после открытия ячейки ввести команду X (не закрывая перед этим ячейку), то отладчик распечатает ее содержимое в виде трех символов кода RADIX = 5Ø, после чего закрыть ячейку можно только командами ⟨ВК⟩ и ⟨ПС⟩.

При отладке программы часто бывает целесообразно останавливать ее выполнение в определенных местах для просмотра памяти, регистров и т. д. Для этого в ODT предусмотрена возможность устанавливать до 8 точек останова. Установка их производится аналогично установке регистров смещения. Например, команда 3,150; 2 В приводит к тому, что точка останова 2 будет установлена по адресу 150 относительно регистра смещения 3. Удалить эту точку останова можно командой ; 2В.

Команда *N*; *G* загрузит адрес N в счетчик команд и передаст управление программе с этого адреса. Программа выполняется до точки останова 1, после обнаружения которой отладчик переходит в режим ожидания команды. Продолжить выполнение программы можно командой ;P. При необходимости возможен переход к пошаговому выполнению программы командой n ; S. Здесь n означает число инструкций, выполняемых за один шаг. Отмена пошагового режима производится командой ;S.

глава 5

Персональный вычислительный комплекс «Электроника МС 0585»



В настоящее время все большую популярность приобретают персональные личные компьютеры (ПК), представляющие собой миниатюризованный, но при этом не менее мощный аналог микро- и миниЭВМ. Компьютеры являются массовыми инструментами для «усиления природных возможностей человеческого разума и активной формализации человеческих знаний» [14]. Массовая компьютерная грамотность и большие тиражи выпуска ПК — мощный импульс развития производительных сил. По своему возможному влиянию на темпы научно-технического прогресса феномен персональных вычислений можно сравнить с «началом эры всеобщей грамотности», ставшей возможной после изобретения книгопечатания [15]. Простота и функциональная гибкость диалоговых средств программирования, легкость в обучении и эксплуатации, высокая надежность и быстрота поиска неисправностей, отсутствие специальных требований к квалификации обслуживающего персонала делают персональные компьютеры вычислительными средствами, доступными для массового пользователя.

Одним из первых отечественных ПК является персональный вычислительный комплекс «Электроника МС 0585» (в дальнейшем ПВК МС 0585). Рассмотрим его состав и основные технические характеристики.

5.1. Состав и основные характеристики комплекса

Отличительной особенностью ПВК МС 0585 является модульный принцип реализации конструктивных и функциональных особенностей. В состав ПВК входят компактный дисплей с 30-миллиметровым экраном, основной корпус и клавиатура. ПВК МС 0585 программно-совместим с микроЭВМ («Электроника 60», МС 1211, МС 1212) и мини-ЭВМ (СМ-3, СМ-4, «Электроника-100/25», «Электроника 79»), что позволяет использовать большой объем программного обеспечения широко распространенных мини и микроЭВМ.

Основные технические данные ПВК МС 0585 приведены ниже:

Разрядность	— 16 бит
Время цикла обращения к ЗУ	— не более 0,9 мкс
Время выполнения команд (без преобразования адресов):	
— для форматов с фиксированной запятой:	
сложение «регистр — регистр»	— 1,8 мкс
умножение «регистр — регистр»	— 24,6 мкс
сложение «регистр — память»	— 7,2 мкс
умножение «регистр — память»	— 29,0 мкс
— для форматов с плавающей запятой и одинарной точностью:	
сложение «память — память»	— 97,0 мкс
умножение «память — память»	— 113,0 мкс
— для форматов с плавающей запятой и двойной точностью:	
сложение «память — память»	— 185,0 мкс
умножение «память — память»	— 281,0 мкс
Производительность	— не менее 60,0 тыс. оп/с
Число РОН	— 8
Формат данных:	
— для чисел с фиксированной запятой	— 1; 2 байт
— для чисел с плавающей запятой	— 4; 8 байт
Форматы команд	— 16 бит
Число команд:	
— основных	— 92
— для операций с плавающей запятой	— 46
Система прерываний:	
— линий аппаратного прерывания	— 1
— программное прерывание, число команд	— 5
Время реакции на прерывание	— (15±1) мкс
Емкость памяти	
— ОЗУ	— 512 К байт
— ПЗУ	— 16 К байт
Объем адресуемой памяти	— 4096 К байт
Занимаемая площадь	— не более 0,6 м^2

Характеристики внешних запоминающих устройств, используемых в составе ПВК, приведены в табл. 5.1..

Таблица 5.1

Устройство	Емкость, К байт	Скорость обмена информацией, К бит/с	Среднее время выборки, мс
НМД	5000	5000	250
НГМД	800	250	700

В состав программного обеспечения ПВК входят операционная система ПРОС, интерпретатор языка БЕЙСИК, редактор текста и набор тестовых программ.

Операционная система обеспечивает выполнение следующих функций:

— взаимодействия с пользователем с помощью «меню»;

— инициации и выполнения прикладных и обслуживающих программ;

— обслуживания периферийных устройств ПВК (накопителей на жестком и гибком магнитных дисках, видеомонитора, блока клавиатуры и печатающего устройства);

— мультипрограммного режима работы.

Интерпретатор языка БЕЙСИК обеспечивает подготовку и выполнение программ на языке БЕЙСИК, имеющем операторы для построения графики. Редактор текста обеспечивает подготовку и редактирование текстовой информации.

В состав программного обеспечения входят тестовые программы проверки системного блока, проверки клавиатуры, вывода конфигурации микроЭВМ.

ПВК обеспечивает мультипрограммный режим работы; возможность организации многомашинных систем; возможность работы с периферийными устройствами, находящимися на расстоянии до 15 м.

Все функциональные блоки ПВК выполнены в виде конструктивно законченных модулей, связь между которыми осуществляется через системную магистраль. Структурная схема ПВК МС 0585 представлена на рис. 5.1.

Функциональной основой ПВК является системный модуль, включающий в себя динамическое ОЗУ (256 К байт), ПЗУ диагностики и начальной инициализации (4 страницы по 4 К байт), ЦП, контроллеры клавиатуры, внешнего устройства и коммуникаций, таймер с энергонезависимым (за счет подключения аккумуляторных батарей) ОЗУ (50 байт) и контроллер прерывания. Все устройства, входящие в состав системного модуля, функционально независимы, связаны параллельной внутренней магистралью и допускают программную проверку и диагностику. Внутренняя магистраль мультиплексирована во времени, обеспечивает передачу адресов и данных по 22 двунаправленным линиям. Непосредственное подключение к внутренней магистрали блоков ОЗУ, ПЗУ и других стандартных функциональных модулей позволяет получить более высокие скорости передачи данных, а также уменьшить физический объем ПВК и повысить на-

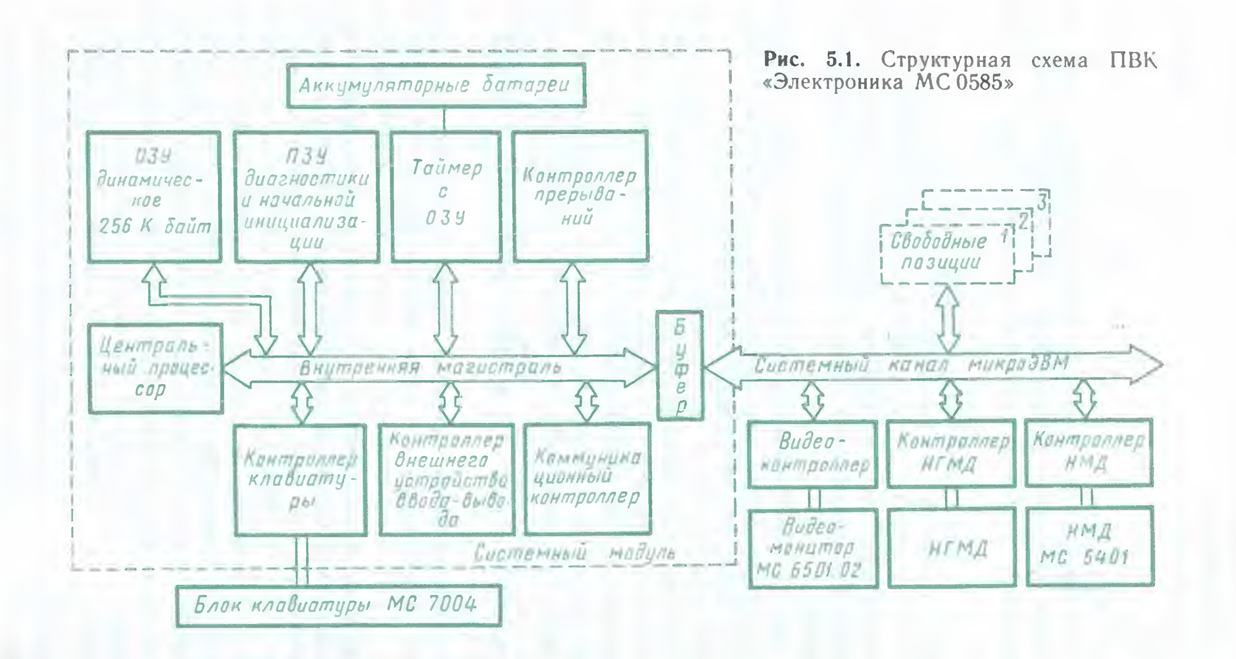


Рис. 5.1. Структурная схема ПВК «Электроника МС 0585»

дежность его работы за счет сокращения числа требуемых разъемов.

Схемотехнической основой ЦП является микропроцессорный набор, выполненный на СБИС серии К1811 (см. § 3.1). Блоки ОЗУ выполнены на микросхемах К565РУ5. Основной элементной базой модуля являются микросхемы серий К555, К155 и К531.

Наличие в системном модуле блока ОЗУ, обладающего достаточно большим объемом (256 К байт), позволяет уменьшить объем «подкачки» программ и данных из внешней памяти, что приводит к увеличению производительности ПВК в целом, так как обмен массивами данных между ОЗУ и внешней памятью (НГМД), имеющей относительно большое время поиска, может значительно замедлить выполнение программ.

Блок ПЗУ содержит диагностические программы проверки модулей ПВК, запуск которых осуществляется при включении питания. При отсутствии ошибок, нарушающих работу ПВК, производится загрузка программ с внешних носителей.

Контроллер прерываний принимает запросы от контроллеров внешнего устройства, клавиатуры, контроллера коммуникаций, таймера, а также от функциональных модулей (ФМ), установленных в системную магистраль, и осуществляет работу ЦП с данными устройствами в режиме прерывания.

Контроллер клавиатуры осуществляет преобразование параллельного кода в последовательный и наоборот, обеспечивая обмен данными (в последовательном коде) ПВК с клавиатурой. Контроллеры внешнего устройства и коммуникаций эквивалентны по своим функциям интерфейсу клавиатуры и рекомендуются для связи ПВК с печатающим устройством, а также для дальнейшего расширения возможностей ПВК. Для отсчета времени и сохранения информации в ОЗУ таймера при отключении ПВК от сети переменного тока предусмотрено питание таймера от аккумуляторной батареи. Частота прерываний от таймера программируется (2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 4096, 8192 Гц). Включение таймера производится программно путем записи информации в его регистры.

Системная магистраль предназначена для обмена адресами — данными между внутренней магистралью и ФМ, устанавливаемыми в системную маги-

страль (контроллеры ВЗУ, НГМД и НМД, видеоконтроллер). Магистраль мультиплексирована во времени, передача адресов и данных осуществляется по 22 двунаправленным линиям.

Для подключения дополнительных модулей системная магистраль содержит три свободные позиции. Гнезда разъемов, предназначенных для установки ФМ, имеют фиксированные адреса, причем конкретному модулю присваивается адрес того разъема, в который он установлен. Адреса регистров ФМ размещаются в старшем 4К-байтовом сегменте адресуемой памяти, который определяется как страница ввода—вывода. При этом для каждого из шести физических модулей резервируется один 128-байтовый сегмент страницы ввода—вывода. Ввод оператором данных в ПВК осуществляется с помощью блока клавиатуры «Электроника МС 7004». Накопители на магнитном диске «Электроника МС 5401» и гибком магнитном диске предназначены для хранения массивов цифровой информации емкостью 5 М байт и 800 К байт соответственно. Отображение информации осуществляется на экране видеомонитора «Электроника МС 6501.02». Видеоконтроллер осуществляет формирование полного телевизионного сигнала для управления монитором, обеспечивает хранение и вывод информации на экран электронно-лучевой трубки. Емкость ЗУ экрана составляет 16К 16-разрядных слов.

Системная магистраль ПВК МС 0585 обеспечивает два типа обмена данными: программный обмен и обмен в режиме прерывания программы, позволяя адресоваться к 4096К байт, из которых старшие 8 К байт, находящиеся в диапазоне от 17 760 000 до 17 777 776, используются для регистров внешних устройств. Доступ к памяти объемом свыше 64 К байт производится под управлением диспетчера памяти (ДП). Если ДП разрешен, то виртуальное адресное пространство разбивается на 8 страниц по 8 К байт, каждая из которых независимо переадресуется по всему объему физической памяти. Каждая страница управляется двумя наборами регистров, соответствующих двум режимам работы ЦП: системному и пользовательскому. Оба режима работы имеют указатели стека R6. Системный режим используется для работы управляющих программ, а пользовательский — для работы программ пользователя.

В ПВК при включении (восстановлении после сбоя) питания предусмотрена полная проверка конфигурации

системы с сообщением о результатах проверок пользователю.

Диагностические программы, инициализируемые в момент включения питания, последовательно проверяют работоспособность всех функциональных узлов сначала системного модуля, а затем каждого дополнительного модуля. Поскольку состав ПВК может меняться, диагностическая программа проверки дополнительного ФМ содержится в собственном ПЗУ данного модуля. После выполнения программы диагностики основных функциональных узлов, хранящейся в ПЗУ системного модуля, ЦП обеспечивает последовательную загрузку диагностических программ дополнительных модулей в основное ОЗУ и их выполнение. При обнаружении в каком-либо дополнительном модуле ошибок ЦП выдает пользователю сообщение на экран графического дисплея, а также на линейку светодиодных индикаторов ПВК.

Состав ПВК МС 0585 приведен в табл. 5.2, габаритные размеры, масса и потребляемая мощность — в табл. 5.3.

Таблица 5.2

Наименование	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ПВК МС 0585		
Панель	420×285×155	1,96
Видеоконтроллер	300×130	0,30
Корпус	640×200×400	16
Видеомонитор МС 6105.02	350×300×315	7,0
Источник питания МС 9005	330×211×121	4,4
ПВК МС 0585.01		
ПВК МС 0585		
Контроллер НМД	300× 130	0,28
Контроллер НГМД	300× 130	0,20
Накопитель МД	240×100×160	2,3
Накопитель ГМД	240×100×160	3,4
Блок клавиатуры МС 7004	540×200×50	2,5

Таблица 5.3

Обозначение	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Занимаемая площадь, м^2	Потребляемая мощность, В · А
МС 0585	591×371×425	20,6	0,24	800
МС 0585.01	591×560×425	30	0,6	1000

ПВК имеет два последовательных канала ввода—вывода информации (СТЫК С2 согласно ГОСТ 23675—79), обеспечивающих следующие скорости приема—передачи:

— для разъема «коммуникации» — 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200 бит/с;

— для разъема «печать» — 4800, 9600 бит/с.

Максимальное удаление подключаемых устройств не более 15 м. Сигналы системной магистрали соответствуют уровням интегральных схем типа ТТЛ; для связи с внешними устройствами используются сигналы с напряжением до ± 6 В (СТЫК С2). Приоритет устройств, работающих в режиме прерывания, обеспечивается установкой их в гнезда, расположенные на системной магистрали, в порядке убывания их приоритета (высшим приоритетом обладает первая позиция, низшим — шестая). Для присоединения видеомонитора, блока клавиатуры, внешнего устройства ввода—вывода и модема используются разъемы, расположенные на задней стенке системного модуля.

ПВК МС 0585, конструкция которого представлена на рис. 5.2, имеет модульный принцип построения — все функциональные блоки выполнены в виде конструктивно законченных устройств.

Основным элементом конструкции ПВК является шасси, предназначенное для установки источника питания, накопителей на магнитном диске и гибком магнитном диске и системного модуля.

Блок питания устанавливается на свое посадочное место с помощью четырех направляющих конических штырей и соответствующих отверстий в шасси. Фиксация внешних накопителей на шасси ПВК осуществляется с помощью специальных подпружиненных контактов. Механическое сочленение системного модуля с шасси производится по направляющим, установленным с двух сторон системного модуля. Для присоединения к системной магистрали шести функциональных модулей (видеомонитора, контроллеров НГМД и НМД и трех дополнительных модулей) на системном модуле устанавливается шесть разъемов с нулевым усилием сочленения. Электрическая связь источника питания с системным модулем производится с помощью шлейфового кабеля, связь системного модуля с накопителями на МД и ГМД — через функциональные модули (контроллеры МД и ГМД) с помощью гибких шлейфов.

Источник питания вырабатывает необходимые напря-

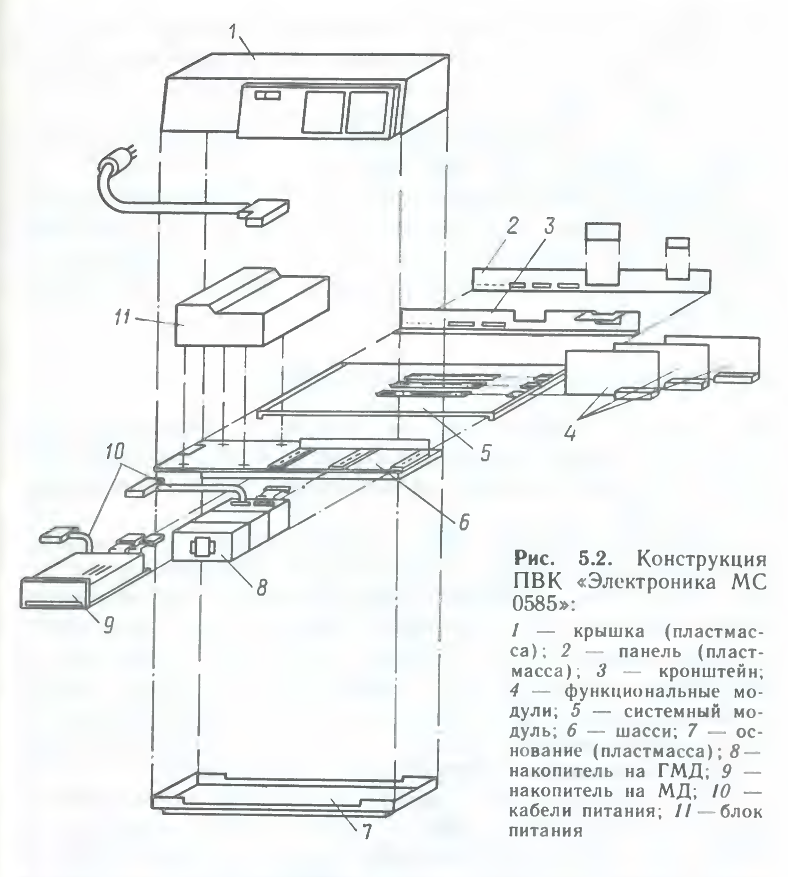


Рис. 5.2. Конструкция ПВК «Электроника МС 0585»:

1 — крышка (пластмасса); *2* — панель (пластмасса); *3* — кронштейн; *4* — функциональные модули; *5* — системный модуль; *6* — шасси; *7* — основание (пластмасса); *8* — накопитель на ГМД; *9* — накопитель на МД; *10* — кабели питания; *11* — блок питания

жения для питания ПВК +5, +12, −12 В и управляющие сигналы. Он имеет вентилятор, осуществляющий принудительное охлаждение ПВК. Корпус служит для защиты ПВК от внешних воздействий и исключает возможность доступа к блокам ПВК при подсоединении сетевого кабеля.

Связь ПВК с видеомонитором, блоком клавиатуры, внешним устройством и модемом осуществляется с помощью внешних разъемов, установленных на задней стенке корпуса. Рядом с внешними разъемами установлена линейка из четырех светодиодов, предназначенная для индикации состояния ПВК и результатов его тестирования. Демонтаж и сборка ПВК достаточно просты и выполняются без каких-либо специальных инструментов и приспособлений.

ПВК МС 0585 изготовляются в исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150—79 и предназначены для работы в следующих климатических условиях: температура окружающей среды 10—35°С, относительная влажность окружающего воздуха (при $t = +30°C$) 40—80%, атмосферное давление 630—800 мм рт. ст.

Питание ПВК осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В$^{+10\%}_{-15\%}$ и частотой (50 ± 1) Гц. Подключение к сети питания производится только через трехполюсную вилку, имеющую заземляющий контакт.

5.2. Функциональные модули комплекса

Рассмотрим организацию и основные характеристики функциональных модулей, входящих в состав ПВК МС 0585: видеоконтроллера, контроллера НМД и контроллера НГМД.

Видеоконтроллер (ВК) предназначен для вывода алфавитно-цифровой и графической информации на экран электронно-лучевой трубки видеомонитора, формирования полного телевизионного изображения, состоящего из 960 элементов по горизонтали и 240 элементов по вертикали. Графическая и алфавитно-цифровая информация на экране электронно-лучевой трубки формируются путем последовательного построения горизонтальных линий (векторов), определяющих изображение.

Структурная схема видеоконтроллера представлена на рис. 5.3. Связь ВК с центральным процессором ПВК МС 0585 производится через системную магистраль. Обмен данными между системной магистралью и ВК осуществляется 16-разрядными словами. Для организации процесса ввода—вывода информации ВК отводится 64 ячейки на странице ввода—вывода адресного пространства ПВК с адресами 174 400—174 576 (для случая установки ВК в третью позицию системной магистрали). *Приемопередатчики* используются для обмена ЦП с ВК, а также для организации внутренней шины ВК, служащей для обмена данными между различными функциональными узлами ВК. *Дешифратор адреса* вырабатывает сигналы ввода—вывода при обращении ЦП к регистрам ВК (для чего используются младшие адресные разряды 06—01). *Управляющие регистры* вырабатывают сигналы управления формирования видеосигнала, прерыванием, разре-

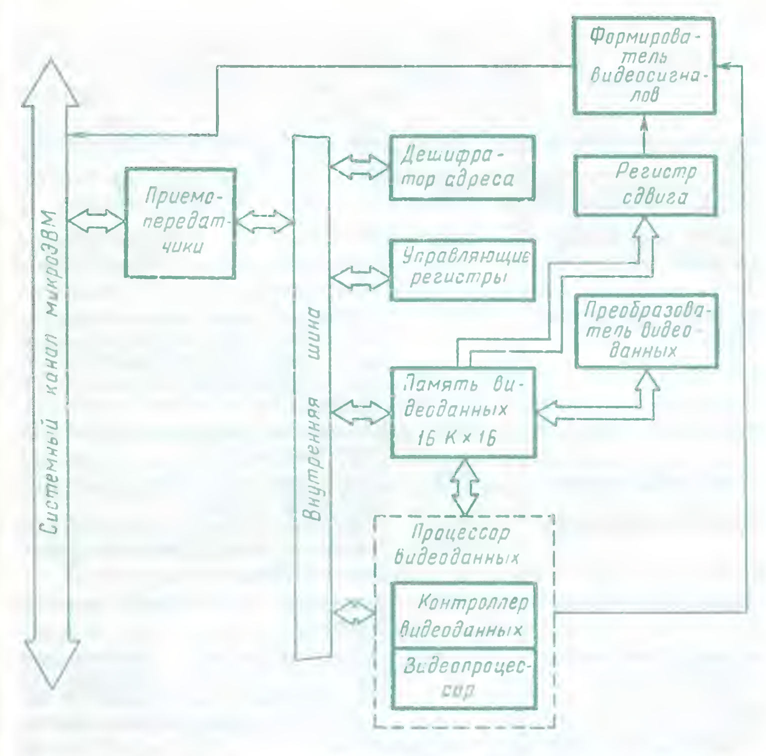


Рис. 5.3. Структурная схема видеоконтроллера

шением работы ЦП с памятью видеоданных. В ВК реализовано 12 программно-доступных регистров, назначение которых представлено в табл. 5.4.

П а м я т ь в и д е о д а н н ы х представляет собой динамическое ЗУ емкостью 16 К 16-разрядных слов. Один бит информации соответствует одному элементу разрешения на экране видеомонитора, а вся память содержит одну страницу изображения. Формирование данных (элементов изображения) в памяти осуществляется двумя способами:

1) через системную магистраль. При этом память видеоданных работает как ОЗУ центрального процессора ПВК, который самостоятельно осуществляет формирование и запись в память данных;

2) с помощью преобразователя и процессора видеоданных. Основу данного способа составляет процесс по-

Таблица 5.4

Наименование	Обозначение	Назначение
Регистр идентификации	РИ	Содержит идентификатор — условный код ВК
Регистр команд и состояния	РКС	Управляет состоянием ВК
Регистр управления данными	РУД	Разрешает доступ к памяти видеоданных и управляет модификацией изображения
Регистр сдвига изображения	РСИ	Формирует изображение на экране ВК со сдвигом по вертикали на число элементов разрешения, равное содержимому младшего байта РС
Регистр координаты X	РКХ	Определяет координату X начальной точки вектора
Регистр координаты Y	РКY	Определяет координату Y начальной точки вектора
Регистр длины вектора	РДВ	Определяет длину вектора (число элементов изображения в горизонтальной линии)
Регистр функции яркости	РФЯ	Содержит 16-разрядную функцию яркости
Регистр физического адреса	РФА	Содержит старшие адресные разряды (15—21), что позволяет размещать память видеоданных в любом месте адресного пространства ПВК
Резервные регистры 1, 2, 3	РР1, РР2, РР3	Резерв

строения изображения, состоящий в последовательной записи ЦП параметров каждого вектора (начальных координат X и Y, яркостной функции и длины) в регистры РКХ, РКY, РФЯ, РДВ; формирования элементов изображения данного вектора и записи их в память видеоданных. Данные заносятся в память из преобразователя видеоданных, а управление адресами осуществляет контроллер видеоданных. После этого ЦП передает в ВК параметры следующего вектора.

Для формирования видеосигнала данные из памяти непрерывно считываются в регистр сдвига, откуда они в последовательном коде поступают в формирователь видеосигнала, с выхода которого полный телевизионный сигнал через системную магист-

раль поступает на вход видеомонитора. Контроллер видеоданных вырабатывает строчные и кадровые синхроимпульсы для формирования видеосигнала, а также одновременно адресные и стробирующие сигналы управления памятью видеоданных, что обеспечивает однозначное соответствие координат изображения на экране видеомонитора и адресов памяти видеоданных. Тактирование контроллера видеоданных осуществляется частотой 20 МГц. Данный контроллер имеет возможность смещения адресов памяти относительно кадровых синхроимпульсов, обеспечивая тем самым смещение изображения по вертикали.

Видеопроцессор управляет формированием адреса памяти видеоданных при построении изображения (по заданным параметрам вектора), а также при работе памяти в качестве ОЗУ ЦП. Преобразователь видеоданных формирует данные при построении изображения, а также при его модификации (инверсия, арифметический и циклический сдвиги изображения и т. п.).

Конструктивно ВК выполняется в виде многослойной печатной платы с односторонней установкой навесных элементов, имеет габариты 300 × 130 × 15 мм, массу не более 0,3 кг. Питание ВК осуществляется от источников постоянного напряжения + 5 и + 12 В с соответствующими токами потребления 3,3 А и 60 мА. К системной магистрали ПВК МС 0585 видеоконтроллер подключается 90-контактным разъемом с нулевым усилием сочленения (типа ОНП-КС-66-90-Р51). Для связи ВК с видеомонитором на задней стенке ПВК МС 0585 устанавливается 15-контактный разъем.

Контроллер НМД (КНМД) предназначен для управления накопителем на магнитных дисках типа «Электроника МС 5401», обладающим памятью 5 М байт, и обмена данными с НМД со скоростью не менее 5 М бит/с. Связь КНМД с центральным процессором ПВК осуществляется через системную магистраль, обмен данными производится 16-разрядными словами. Метод записи информации на НМД — модифицированная фазовая модуляция (МФМ). Контроллер НМД имеет буферное ОЗУ емкостью 512 байт, через которое осуществляется обмен данными между ЦП и НМД.

В основу работы КНМД положен принцип микропрограммного управления. Все внутренние логические и арифметические операции выполняет однокристальный 8-разрядный микропроцессор. Микропрограмма, обеспе-

чивающая функционирование КНМД, записана в его ПЗУ.

Общий принцип работы контроллера заключается в следующем. После внутренней диагностики и проверки сигналов готовности НМД контроллер выходит в режим ожидания команды от ЦП. После получения команды работа контроллера осуществляется в соответствии с микропрограммой данной команды. При этом вырабатываются внутренние сигналы управления, производится пересылка и преобразование данных, осуществляется выдача сигналов управления в НМД. Состояние НМД периодически тестируется (для своевременной выдачи сигналов управления) и передается в системную магистраль ПВК. По завершении текущей операции устанавливаются сигналы запроса обмена с магистралью ПВК и соответствующие разряды регистра состояния КНМД. При возникновении ошибочных (сбойных) состояний в регистры ошибок заносится соответствующая информация.

Конструктивно КНМД выполнен аналогично видеоконтроллеру. Связь с системной магистралью ПВК осуществляется 60-контактным разъемом с нулевым усилием сочленения, устанавливаемого в первую позицию системной магистрали. Соединение с НМД происходит двумя кабелями, подключаемыми к двум 20- и 40-контактным устройствам, размещенным на плате КНМД.

Контроллер НГМД (КНГМД) предназначен для управления процессами записи и чтения информации с помощью НГМД на ГМД диаметром 133 мм и входит в состав ПВК МС 0585. КНГМД связан с ЦП через системную магистраль и может обеспечивать управление четырьмя НГМД с одной рабочей поверхностью. В составе ОЗУ контроллера имеется буфер емкостью 512 байт, через который осуществляется обмен данным между ЦП и НГМД. Скорость обмена информацией между контроллером и НГМД не менее 250 К бит/с.

В основе работы КНГМД лежит принцип микропрограммного управления, который (аналогично КНМД) реализован с помощью быстродействующего 8-разрядного микропроцессора с внутренним ПЗУ емкостью 4 К байт.

Контроллер выполняет следующие основные функции:

— самодиагностика по включению питания;

— прием, декодирование и выполнение команд, поступающих от ЦП ПВК;

— обмен данными с ЦП ПВК;
— запись информации, кодированной методом МФМ на ГМД, с предварительной фазовой коррекцией;
— автоматический поиск требуемого адреса с последующей проверкой;
— выделение данных и синхросигнала при чтении информации с ГМД;
— автоподстройка частоты при чтении информации.

Конструктивно КНГМД выполнен аналогично КНМД. Связь с системной магистралью ПВК осуществляется 60-контактным разъемом с нулевым усилием сочленения, устанавливаемым во вторую позицию системной магистрали. Соединение с НГМД обеспечивается 40-контактным устройством, устанавливаемым на плате КНГМД.

5.3. Работа оператора с персональным вычислительным комплексом

Для подготовки ПВК МС 0585 к работе необходимо подключить сетевой кабель ПВК к сети переменного тока 220 В, после чего установить тумблер включения, расположенный на передней панели, в положение ВКЛЮЧЕНО. При этом осуществляется автоматический запуск внутреннего автотеста, записанного в ПЗУ, работающего автономно (без участия операционной системы ПВК) и проверяющего техническое состояние комплекса. Сообщения о возможных неисправностях, обнаруженных внутренним автотестом, отображаются линейкой светодиодных индикаторов или рисунками на экране монитора. Пользуясь рисунками, а также Руководством по техническому обслуживанию ПВК, оператор определяет характер возникшей неисправности (подробнее см. § 6.2). Если примерно через 30 с на экране монитора появилась надпись ЭЛЕКТРОНИКА, то это означает, что ПВК функционирует нормально, происходит загрузка операционной системы и через некоторое время на видеомониторе появится приглашение оператора к работе: ОСНОВНОЕ МЕНЮ ПРОС. Если кроме надписи ЭЛЕКТРОНИКА в левом нижнем углу видеомонитора появилось дополнительное сообщение, то это означает, что ПВК функционирует нормально, но для дальнейшей работы необходимо осуществить генерацию операционной системы, руководствуясь соответствующими документами. Этап генерации операционной системы достаточно прост и не требует специальной подготовки оператора.

Работа ПВК МС 0585 осуществляется под управле-

нием операционной системы (ОС) ПРОС, которая представляет собой мультипрограммную реального времени дисковую систему с разделением ресурсов.

Операционная система ПРОС предоставляет пользователю следующие возможности:

— работу в однопользовательском режиме;

— обслуживание малогабаритных периферийных устройств (жестких магнитных дисков, гибких магнитных мини-дисков, видеомониторов, клавиатуры);

— инициацию и выполнение прикладных и обслуживающих программ;

— выдачу справочной информации по запросу пользователя;

— работу в мультипрограммном режиме;

— связь пользователя с системой с помощью функциональных клавиш клавиатуры;

— связь системы с пользователем с помощью меню.

Управление ОС ПРОС осуществляется с использованием меню, функциональных клавиш и бланков.

Меню — список вариантов, выполняемых микроЭВМ. При этом необходимые варианты выбираются из меню путем перемещения указателя →.

Функциональные клавиши — клавиши с обозначениями выполняемых функций, например: ⟨ИСП⟩ — исполнить; ⟨УСТ. РЕЖИМА⟩ — допустить к меню режима; ⟨СТРЕЛКА ВНИЗ⟩ — переместить указатель вниз; ⟨СТРЕЛКА ВВЕРХ⟩ — переместить указатель вверх; ⟨РУС/ЛАТ⟩ — перейти от латинского алфавита к русскому; ⟨ОТМЕН⟩ — отменить предыдущую установку; ⟨ВЫХОД⟩ — выйти в предыдущее меню и т. п.

Бланк — информационный запрос, появляющийся на экране монитора, когда ОС ПРОС требуется информация, которую обеспечивает пользователь. При появлении бланка на экране необходимо ввести требуемую информацию. При затруднении в дальнейшем использовании ПВК можно воспользоваться клавишей ⟨ПМ⟩ — «помощь». После этого на экране появится справочное сообщение о дальнейших действиях пользователя. В качестве информации о текущей работе или состоянии ПВК в нижней части экрана выводится соответствующее сообщение. Например, если была допущена ошибка, то в сообщении даются указания о дальнейших действиях пользователя. ОС ПРОС устанавливается на жесткий диск. Для вызова ОС ПРОС и начала работы включается питание системного блока, после чего в случае

успешного выполнения системного теста на экране появляется следующее содержание:

ОСНОВНОЕ МЕНЮ

⟶ БЕЙСИК
РЕДАКТОР ТЕКСТА
ОБСЛУЖИВАНИЕ ДИСКА/ДИСКЕТ
ОБСЛУЖИВАНИЕ ФАЙЛОВ
ОБСЛУЖИВАНИЕ ПЕЧАТИ
ДОП. ПРИМЕНЕНИЯ
ОБЗОР СОСТОЯНИЯ
ВЫБЕРИТЕ И НАЖМИТЕ ⟨ИСП⟩

Основное меню является верхним уровнем списка вариантов, из которого пользователь выбирает необходимую программу обслуживания или прикладную программу одним из следующих способов:

— переводом указателя ⟶ к требуемому варианту и нажатием клавиши ⟨ИСП⟩;

— печатью ключевого слова и нажатием клавиши ⟨ИСП⟩.

После выбора требуемого варианта основное меню исчезает и появляется меню выбранного варианта, если оно есть, или начинается выполнение программы.

Программы обслуживания и прикладные программы, выбранные из основного меню, могут, в свою очередь, иметь собственные меню. Для перехода от него к основному меню или меню более высокого уровня, чем текущее, необходимо нажать клавишу ⟨ОСНОВН. КАДР⟩, повторное нажатие которой приведет к появлению основного меню. Если меню содержит более 12 вариантов, то в нижней части списка имеется слово ЕЩЕ. Для того чтобы увидеть остальные варианты, необходимо нажать клавишу ⟨СЛЕД⟩, для возвращения к предыдущим вариантам — клавишу ⟨ПРЕД⟩. Для изменения отпечатанного следует воспользоваться клавишей ⟨ЗБ⟩ (забой), после чего левый от указателя символ стирается. Если при использовании меню или обслуживающей программы была допущена ошибка, то в нижней части экрана появится короткое сообщение (иногда вместо сообщения можно услышать звонок клавиатуры, имеющий звуковое устройство, например при нажатии неверной клавиши). Используя код данного сообщения, можно определить причину ошибки.

Для окончания работы необходимо вызвать основное меню, после чего можно отключить питание ПВК (отключение питания при функционировании какой-либо программы может разрушить текущую работу). При включенном питании после 30 мин неактивной работы происходит автоматическое гашение изображения. Для его нового вывода на экран монитора необходимо нажать клавишу ⟨ВР⟩.

Рассмотрим некоторые варианты, предлагаемые оператору ПВК в основном меню.

Интерпретатор БЕЙСИК-П работает под управлением дисковой операционной системы реального времени ПРОС и обеспечивает выполнение следующих функций:

— подготовку программ пользователя на языке БЕЙСИК-П;

— редактирование программ: добавление и удаление строк программы, переименование файлов, объединение двух (и более) частей программы (сегментов);

— создание файлов данных на магнитных носителях;

— обработку целых, вещественных (одинарной и двойной точности) и текстовых данных;

— работу в двух режимах: программном и непосредственном;

— синтаксический контроль вводимых программ;

— диагностический контроль ошибок при выполнении программ;

— формирование графических изображений.

При работе в *программном режиме* операторы необходимо пронумеровать. Последовательность пронумерованных операторов составляет программу.

При работе в *непосредственном режиме* оператор набирается без номера и немедленно выполняется. Такой режим применяется при простых вычислениях и отладке программ.

Язык БЕЙСИК-П имеет относительно простой синтаксис и структуру, что обеспечивает сравнительно быстрое его освоение. Каждая программа на БЕЙСИК-П состоит из строк, которые, в свою очередь, составляют предложения. Предложения делятся на три класса: невыполняемые (или объявления), выполняемые (или операторы) и комментарии. Объявления описывают характеристики операндов и размещения данных. Операторы определяют действия в программе. Комментарии не оказывают никакого действия в программе и предназначены для документирования и улучшения читаемости текста програм-

мы. Синтаксическими элементами предложения являются имена, используемые для ссылок на объекты, и операции, определяющие действия над именованными объектами.

Программа может использовать встроенные функции, представляющие собой реализацию наиболее часто встречающихся математических и текстовых функций, имеющих соответственно вещественный или текстовый тип. Примерами функций вещественного типа являются sin, cos, arctg, exp, генератор случайного числа, определение наибольшего целого, абсолютного значения, кода ошибки, номера строки, в которой произошла ошибка, и т. д. Примерами функций текстового типа являются определение текущих даты и времени, получение текста сообщений об ошибке, редактирование строки, выделение последовательности символов из текстового выражения и т. п.

Наряду с операторами присваивания, управления, сравнения, ввода—вывода, сегментации, обработки ошибок и набором встроенных функций язык БЕЙСИК-П содержит операторы графики, предназначенные для построения на экране видеомонитора прямых и кривых линий, окружностей, текста различного размера и под разным углом наклона, определения собственного набора символов, выполнения теневой раскраски изображений, а при наличии цветного видеомонитора — цветной раскраски.

Для построения графических изображений используется часть экрана видеомонитора — графический экран. Размер графического экрана определяется четырьмя угловыми точками с задаваемыми пользователем координатами. В качестве точки отсчета принимается нижний левый угол графического экрана.

Для построения на экране видеомонитора графических изображений используются следующие операторы: установка размера графического экрана; установка системы координат; очистка экрана; графический вывод; построение точек и отрезков, дуг, кривых; сдвиг изображения; установка набора, начертания и угла наклона символов; выбор цвета и переустановка таблицы цвета и т. п. Программы интерпретатора БЕЙСИК-П содержатся на дискете. Для установки БЕЙСИК-П в меню операционной системы ПРОС пользователю необходимо скопировать ПО, содержащееся на дискете, на жесткий диск.

Редактор текста предназначен для подготовки текстовых документов и позволяет создавать, перемещать, редактировать, заменять и форматировать исходный текст. Меню редактора текста содержит два варианта:

1) создать новый файл;
2) редактировать существующий файл.

При выборе из меню редактора первого варианта на экране появляется пустое пространство с маркером для создания необходимого текста; при выборе второго варианта — список файлов текущего справочника. Если требуемый файл находится в данном справочнике, необходимо переместить указатель к имени файла и нажать клавишу ⟨ИСП⟩. Для выбора файла из другого справочника необходимо нажатием клавиши ⟨ДОП. ВАРИАНТ⟩ выбрать справочник, а в нем — требуемый файл. Создание нового файла и редактирование существующего выполняются пользователем с помощью команд редактора текста: перемещения маркера, стирания символов с помощью клавиши ⟨ЗБ⟩, вставки текста, стирания сегментов текста, печати файла и т. п. В ходе работы с редактором текста пользователю выдаются на экран необходимые сообщения.

Для выхода из редактора следует нажать клавишу ⟨ВЫХОД⟩, после чего на экране появляется меню окончания работы редактора, включающее следующие варианты:

— сохранить файл;
— напечатать файл;
— возобновить редактирование текущего файла;
— закончить сеанс без сохранения изменений.

Пользователь перемещением указания выбирает необходимый вариант и нажимает клавишу ⟨ИСП⟩.

Программа обслуживания файлов предназначена для обработки файлов, содержащихся на магнитных дисках, и имеет меню, включающее следующие варианты:

— зарезервировать файл с диска;
— изменить защиту файла;
— удалить старые версии файла;
— скопировать файл;
— удалить файл;
— посмотреть файл;
— восстановить зарезервированный файл;
— посмотреть текущий справочник;
— посмотреть список справочников;
— установить новый текущий справочник.

Меню обслуживания диска — дискет — содержит следующие варианты:

— скопировать дискету;
— создать справочник;
— удалить справочник;
— инициализировать дискету;
— установить прикладную программу на диск;
— удалить прикладную программу с диска;
— посмотреть список справочников;
— посмотреть справочник;
— разблокировать файл.

Программа обслуживания печати предназначена для управления режимами вывода информации на печатающее устройство. Меню обслуживания печати содержит варианты:

— прекратить печать;
— продолжить печать;
— приостановить печать;
— напечатать файл;
— перезапустить печать;
— установить характеристики печатающего устройства.

Более подробное описание работы оператора с ПВК изложено в инструкциях и технических описаниях, входящих в комплект поставки данных комплексов.

глава 6

Сведения о диагностике и ремонте микроЭВМ



Правильность функционирования микроЭВМ контролируется совокупностью аппаратных и программных средств и обеспечивается рядом организационно-технических мероприятий в процессе как производства, так и эксплуатации.

6.1. Организация контрольно-диагностических и ремонтных работ

Цель контрольно-диагностических и ремонтных работ — проверка технического состояния микроЭВМ, локализация обнаруженных неисправностей и замена элементов, отказ или недопустимое изменение параметров которых ведет к утрате работоспособности вычислительной системы. При этом проверка состояния (правильности функционирования) и обнаружение неисправных устройств осуществляются с помощью набора тестовых программ, входящих в состав ПО каждой микроЭВМ семейства «Электроника 60» и вычислительных комплексов, реализованных на их основе.

Данные программы позволяют проверить правильность функционирования как всей системы, так и ее отдельных модулей, определить неверно выполняющуюся операцию и организовать циклический повтор короткой последовательности команд, выполняющей данную операцию. Проверяя при этом с помощью контрольно-измерительных приборов работу схемных узлов, участвующих в реализации этой операции, определяют неисправный модуль.

В связи с расширением области применения микроЭВМ пользователи зачастую не имеют оборудования и специалистов для самостоятельного выполнения ремонта неисправных модулей микроЭВМ. При этом восстановле-

ние работоспособности неисправного модуля осуществляется заменой его на исправный с последующей отправкой неисправного модуля в специальные центры технического обслуживания, которые имеют ремонтные подразделения со штатом специалистов и оборудованием (в том числе и автоматизированным) для быстрого и квалифицированного выполнения ремонта.

В настоящее время в целях сервисного обслуживания микроЭВМ семейства «Электроника 60» создана сеть региональных центров в городах Киеве, Казани, Минске, Ленинграде, Новосибирске, Ереване и Воронеже, которые выполняют гарантийный ремонт и техническое обслуживание микроЭВМ в закрепленных за ними географических зонах обслуживания. Для организации рабочих мест и проведения сервисного обслуживания региональные центры обеспечены необходимым оборудованием, модулями обменного фонда, комплектующими изделиями, ремонтно-технической документацией и квалифицированными специалистами. Помимо сервисного обслуживания микроЭВМ региональные центры выполняют ремонт периферийных устройств (дисплеев 15ИЭ-00-013, накопителей ГМД-7012, блоков питания БПС6-1), входящих в состав вычислительных комплексов.

Рассмотрим более подробно набор и назначение тестовых программ, входящих в состав ПО и позволяющих осуществлять проверку микроЭВМ и поиск ее неисправных модулей.

В состав ПО микроЭВМ «Электроника 60» входят тест-программы команд, прерываний, памяти, ЭПМ, перфоленточных устройств ввода—вывода, арифметики, команд ПЗ.

Основной тест команд предназначен для проверки правильности выполнения базового подмножества (см. гл. 2) системы команд микроЭВМ «Электроника 60». Для размещения теста требуется 8 К байт памяти. Он состоит из 32 малых тестов, разделенных на шесть групп. Каждая группа тестов проверяет выполнение определенной группы команд, объединенных по функциональному признаку. Например, тесты первой группы проверяют выполнение команд ветвления и переходов, второй — байтовых команд с регистровым методом адресации и т. д. Если микроЭВМ работает правильно, то тест непрерывно повторяет выполнение всех малых тестов («циклится») и после каждых 256 проходов на пультовый терминал выводится сообщение о нормальном выполне-

нии программы. При обнаружении ошибки выполнение программы прекращается и на пультовый терминал выводится адрес ячейки памяти, следующий за ячейкой, содержащей команду останова. Пользуясь листингом тест-программы, можно определить, на каком из малых тестов обнаружена ошибка, и описанным способом локализовать причину ее возникновения.

Тест памяти предназначен для проверки оперативной памяти емкостью от 8 К до 248 К байт. Программа состоит из 12 подтестов, каждый из которых задает определенный режим работы памяти и проверяет правильность ее функционирования с помощью специально сформированных кодовых массивов. Например, один из подтестов проверяет правильность выбора банков памяти, другой — выбора адресов ячеек памяти, третий — записи — чтения информации при упорядоченном перемещении в ячейках всего массива памяти нулей и единиц и т. д. Каждый подтест программы, размещаемой первоначально в нулевом банке, последовательно проверяет все банки памяти с первого и до последнего (имеющего наибольший номер среди проверяемых). После выполнения всех подтестов программа перемещается в последний банк и проверяет ячейки нулевого банка. Затем она вновь перемещается на прежнее место и проверка повторяется, т. е. программа работает циклически, причем перед выполнением каждого подтеста все ячейки проверяемой памяти очищаются. Если при проверке памяти обнаруживается ошибка, то на пультовый терминал выдается сообщение.

Тест прерываний предназначен для проверки правильности функционирования аппаратных средств микроЭВМ, с помощью которых выполняются внутренние и внешние приоритетные векторные прерывания программы. Он состоит из 59 подтестов, которые проверяют правильность выполнения последовательности операций и заполнения служебных ячеек памяти типа «стек» для различных видов прерывания программы (командные прерывания, прерывания от внешних устройств и т. д.), а также команд WAIT и RESET, используемых при обслуживании устройств, работающих под управлением микроЭВМ в режиме прерывания программы. При правильном функционировании системы прерывания программы тест выполняется непрерывно с периодической выдачей на терминал соответствующего сообщения. При обнаружении ошибки происходит останов и по выводимому на терми-

нал коду адреса ячейки локализуется ошибка и принимаются меры к ее устранению.

Тесты ЭПМ и перфоленточных устройств ввода—вывода предназначены для проверки работы ЭПМ «CONSUL-260», используемой в качестве пультового терминала микроЭВМ, и перфоленточных устройств ввода—вывода: фотосчитывателя FS-1501 и перфоратора ПЛ-150. Данные тесты, аналогично описанным выше, состоят из множества подтестов, которые проверяют правильность функционирования основных узлов устройств управления: дешифраторов кодов адреса, регистров управления и состояния. Затем в разных режимах проверяется работа внешних устройств. Управление работой тест-программ и выдача на терминал сообщений о нормальном завершении проходов или обнаруженных ошибках осуществляются в интерактивном режиме.

Тест арифметики и тест команд П3 используются для проверки дополнительных групп команд, предназначенных для выполнения арифметических операций (в том числе умножения и деления) над числами с фиксированной и плавающей запятой. Аналогично описанным выше, данные тест-программы состоят из множества подтестов, проверяющих выполнение команд с различными операндами и методами адресации и сравнивающих ожидаемый результат с полученным.

Кроме описанных тестовых программ существуют тесты для проверки дополнительных функциональных модулей микроЭВМ. Например, тест устройства параллельного обмена И2 выполняется в автономном режиме с использованием специальной розетки, коммутирующей контакты интерфейсного разъема, тест интерфейса НГМД (И4) — в комплексе с накопителем и т. д.

Все тест-программы можно использовать отдельно или под управлением специальной операционной системы, упрощающей комплексную проверку систем и предоставляющей в распоряжение оператора дополнительные возможности.

6.2. Описание состава и основных характеристик тест-мониторной системы

Тест-мониторная система (ТМОС) предназначена для объединения тестовых программных средств микроЭВМ в единую систему. Она может применяться при проверке

и поиске неисправностей микроЭВМ, в процессе наладки, испытаний, эксплуатации и ремонта.

ТМОС микроЭВМ «Электроника 60» выполняет следующие функции:

— организацию архива из тестовых программ и тестовых документов;

— загрузку и запуск тестовых программ;

— корректировку тестовых программ;

— создание и корректировку текстовых файлов;

— формирование последовательности команд цепочного файла;

— копирование;

— генерацию версии.

Для работы ТМОС необходимы микроЭВМ, терминал (ЭПМ или дисплей), ОЗУ емкостью не менее 16 К байт, внешнее запоминающее устройство (НГМД, НМД или НМЛ).

В качестве дополнительных устройств можно использовать перфоленточные устройства ввода—вывода и печатающее устройство.

Система ТМОС микроЭВМ «Электроника 60» включает в себя справочник входящих программ и следующие программы: МОНИТОР, ОБРАБОТКА ФАЙЛОВ, РЕДАКТОР ТЕКСТА, КОПИРОВЩИК, тест-программы.

МОНИТОР управляет запуском программ ТМОС и позволяет:

— загружать программы ТМОС (включая тест-программы) в оперативную память;

— передавать управление загруженной программе;

— выполнять последовательность команд цепочного файла, формируемую с помощью РЕДАКТОРА ТЕКСТА. Цепочный файл задает последовательность выполнения отдельных тест-программ и число повторений для каждой из них. Это позволяет формировать наиболее эффективные тестовые последовательности для проверки технического состояния или испытаний микроЭВМ и вычислительных комплексов в зависимости от их состава и условий применения;

— выводить на терминал справочник ТМОС.

Загрузка в оперативную память программы МОНИТОР осуществляется с помощью специальной программы ЗАГРУЗЧИК, размещенной в постоянной памяти или вводимой в оперативную память с клавиатуры терминала перед началом загрузки. В зависимости от устройства,

на котором размещается ТМОС (НГМД, НМД, НМЛ), загрузчик включает в себя 14—18 команд.

Для задания выполняемых МОНИТОРОМ функций используются специальные команды, которые задаются оператором с терминала и образуют командный язык операционной системы ТМОС. При работе МОНИТОРА и других программ ТМОС на терминал выдаются сообщения об обнаруженных ошибках, с тем чтобы оператор мог предпринять необходимые корректирующие действия.

Программа ОБРАБОТКА ФАЙЛОВ обеспечивает выполнение следующих функций:

— организации архива из тест-программ и текстовых документов;

— загрузки и запуска тест-программ;

— обмена данными между периферийными устройствами;

— корректировки загруженных в оперативную память тестовых программ;

— создания и вывода текстовых файлов на терминал или печать;

— генерации версии ТМОС.

В подмножество команд программы ОБРАБОТКА ФАЙЛОВ входит более 30 команд. Загрузка ее в память микроЭВМ осуществляется по команде МОНИТОРА.

РЕДАКТОР ТЕКСТА используется для создания и редактирования текстовых файлов и вывода их на терминал или печать. Эта программа позволяет разрабатывать и корректировать текстовые документы, включаемые в состав ТМОС: описания тест-программ, руководства для оператора и т. д.

При работе с РЕДАКТОРОМ ТЕКСТА используются следующие группы команд:

— открытия и закрытия файлов;

— перемещения «точки» — специального символа, используемого для задания границ редактируемой части текста;

— редактирования — стирания и замены отдельных символов или разделов текста;

— ввода—вывода;

— дополнительные, дублирующие соответствующие команды программы ОБРАБОТКА ФАЙЛОВ. Они позволяют загружать и запускать МОНИТОР, выводить на терминал или печать справочник ТМОС, открывать и переименовывать файлы и т. д.

КОПИРОВЩИК служит для копирования ТМОС с одного носителя (дискеты, диска, магнитной ленты) на другой и сравнения двух программ ТМОС, размещенных на одноименных носителях.

Все описанные программы ТМОС создают программную среду, в которую включаются описанные в § 6.1 тест-программы микроЭВМ «Электроника 60», а также и дополнительные тестовые программы, в том числе и разработанные пользователями систем.

Проверка микроЭВМ или вычислительного комплекса по тест-программам, вводимым в оперативную память с внешнего запоминающего устройства, является сравнительно длительным и трудоемким процессом, поэтому для проверки основных модулей системы, составляющих ее функциональное ядро, в старших моделях микроЭВМ семейства «Электроника 60» введен дополнительный, менее глубокий, но более оперативный уровень тестирования — с помощью так называемых встроенных тестовых программ, размещаемых в ПЗУ и автоматически выполняемых при включении питания или повторном запуске системы, например с помощью устройства аппаратной загрузки — диагностики МС 3401.

В случае возникновения неисправностей, не локализуемых встроенными тестовыми программами, необходимо осуществить более глубокую и детальную проверку функционирования и диагностику неисправностей с помощью основных средств ТМОС.

ТМОС микроЭВМ ряда «Электроника 60-1» включает в себя набор тестовых программ, функции которых аналогичны рассмотренным тест-программам микроЭВМ «Электроника 60». Данные программы позволяют проверить: работу центрального процессора при выполнении команд базового набора и команд для чисел с плавающей запятой, функционирование диспетчера памяти, оперативной памяти и интерфейсов ввода—вывода.

По мере повышения функциональной сложности старших моделей семейства микроЭВМ и вычислительных комплексов, выполняемых на их основе, изменяется подход к организации проверки их технического состояния. Данный подход обеспечивает диагностику обнаруженных неисправностей на уровне модулей или функциональных блоков. Если сообщения об ошибках, выдаваемые тест-программами микроЭВМ «Электроника 60», в основном информирует оператора о неверно выполняющейся функции или операции, то аналогичные сообщения в микро-

ЭВМ «Электроника 60-1» и ПВК «Электроника МС 0585», кроме того, указывают на неисправный модуль, требующий замены. Это в значительной степени облегчает процесс восстановления работоспособности вычислительного комплекса и снижает требования, предъявляемые к квалификации обслуживающего персонала.

В состав тестовых программ ПВК «Электроника МС 0585» входят следующие программы:

— внутренний автотест;
— проверка системного блока;
— проверка клавиатуры;
— проверка печатающего устройства;
— вывод конфигурации;
— образец цветных полос.

Данные программы (кроме внутреннего автотеста) размещаются на магнитных носителях (дискетах) и выполняются под управлением операционной системы ПРОС.

Внутренний автотест, записанный в ПЗУ, автоматически выполняется после включения питания. Он проверяет центральный процессор, диспетчер памяти, оперативную память, контроллер прерываний, интерфейсы клавиатуры печатающего устройства и коммуникаций, таймер, а также модули, установленные в позиции системной магистрали, формирует в оперативной памяти таблицу, содержащую информацию о конфигурации ПВК, и производит загрузку и запуск нулевого блока ПРОС (загрузчика).

При выполнении внутреннего автотеста на монитор выводятся сообщения о нормальном функционировании или возникшей ошибке. При возникновении неисправностей, не локализуемых внутренним автотестом, осуществляется проверка функционирования ПВК по тестовым программам.

Для контроля справочной информации о тестовых программах используется клавиша ⟨ПМ⟩. Если необходима информация о составе программ после вывода меню «Техническое обслуживание», нажимается клавиша ⟨ПМ⟩. Для вывода справочной информации по каждой программе выбирается требуемая программа в меню «Техническое обслуживание» путем перемещения указателя и нажатия клавиши ⟨ПМ⟩. Для возврата в меню нажимается клавиша ⟨ПРОДОЛЖИТЬ⟩. Для запуска программы после выбора ее в меню нажимается клавиша ⟨ИСП⟩.

Рассмотрим назначение тестовых программ.

Программа проверки системного блока обеспечивает:
— представление изображения на экране монитора;

— считывание — запись данных с дискеты;
— считывание — запись данных с магнитного диска, а также проверку:
— интерфейса печатающего устройства (без передачи данных на устройство);
— адаптера с плавающей запятой;
— интерфейса коммуникаций (без передачи данных на другие ЭВМ);
— соединения внутри системного блока.

После запуска программы на монитор выводится сообщение: ПРОВЕРЯЕТСЯ СИСТЕМНЫЙ БЛОК. Ниже сообщения выводится значение счетчика, которое во время выполнения программы уменьшается до нуля.

При завершении выполнения программы и отсутствии при этом ошибок на монитор выводится сообщение:

ПРОВЕРКА ЗАВЕРШЕНА — ОШИБОК НЕТ.

Для повторного выполнения программы нажимается клавиша ⟨ИСП⟩, для выхода в меню «Техническое обслуживание» — клавиша ⟨ВЫХОД⟩.

При обнаружении ошибок по окончании выполнения программы выводится итоговое сообщение об ошибках.

Для вывода справочной информации об ошибке нажимается клавиша ⟨ПМ⟩. Для выхода в меню «Техническое обслуживание» после вывода справочной информации необходимо нажать клавишу ⟨ПРОДОЛЖИТЬ⟩.

В технических условиях на ПВК приводится перечень сообщений об ошибках при проверке различных устройств, вероятных причин их возникновения и рекомендуемых действий для их устранения.

Программа ПРОВЕРКА КЛАВИШ КЛАВИАТУРЫ позволяет проверить функционирование клавиш. После запуска ее на монитор выводятся изображение клавиатуры и информация, необходимая для дальнейшего выполнения программы. Для проверки функционирования клавиш клавиатуры необходимо ручное вмешательство: при нажатии клавиши в изображении клавиатуры высвечивается соответствующая клавиша, при повторном нажатии — гаснет.

Для выхода в меню «Техническое обслуживание» необходимо клавишу ⟨ВЫХОД⟩ нажать пять раз.

Программа вывода конфигурации позволяет вывести карту состава ПВК, используя таблицу конфигурации ПВК, сформированную внутренним автотестом в оперативной памяти.

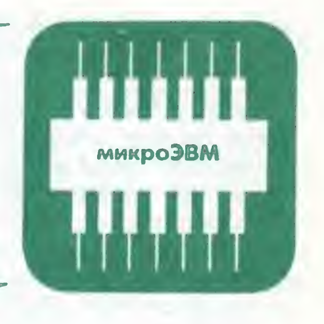
Программа проверки печатающего устройства позволяет проверить функционирование печатающего устройст-

ва. После запуска программы на монитор и печатающее устройство выводятся образцы данных, визуальное сравнение которых позволяет определить исправность печатающего устройства.

Программа «Образец цветных полос» позволяет воспроизвести цвета монитора. После запуска данной программы на монитор выводится изображение, состоящее из восьми полос различного цвета или оттенков серого цвета в зависимости от типа монитора (цветной или черно-белый).

Заключение

Перспективы развития семейства микроЭВМ «Электроника 60»



В предыдущих главах подробно описаны характеристики микроЭВМ семейства «Электроника 60», их архитектурные и конструктивные достоинства, обеспечивающие широкий спектр применений в различных отраслях народного хозяйства. Однако развитие микроэлектроники вынуждает непрерывно проводить переоценку достигнутого и стремиться к созданию перспективных средств вычислительной техники.

Переоценка выявляет очевидные недостатки микроЭВМ семейства «Электроника 60», особенно младших его моделей. В первую очередь к ним следует отнести диспропорцию в массогабаритных и энергетических характеристиках центрального процессора, функциональных модулей и периферийных устройств вычислительных комплексов, построенных на базе микроЭВМ. МикроЭВМ, содержащая модули процессора, памяти и сопряжения с «периферией», компактна и, как правило, оправдывает приставку «микро», в то время как периферийные устройства, прежде всего запоминающие устройства большой емкости и печатающие устройства, в большинстве случаев требуют для размещения сравнительно громоздких стоек и столов. Для решения конкретных задач не всегда достаточной оказывается производительность микроЭВМ. Разнородность интерфейсов внешних устройств вызывает потребность в большой номенклатуре интерфейсных модулей, что затрудняет комплектование и обслуживание систем необходимых конфигураций и увеличивает размеры встраиваемых управляющих блоков.

Отмеченные недостатки определяют пути дальнейшего развития микроЭВМ семейства «Электроника 60»: сокращение размеров и снижение потребляемой мощности, увеличение производительности центрального про-

цессора и функциональных узлов, повышение надежности работы, упрощение эксплуатации и обслуживания.

Рассмотрим направления повышения технических характеристик отдельных устройств микроЭВМ.

Возможности микроЭВМ в значительной мере определяются характеристиками ее центрального процессора. Достижения в области технологии БИС и СБИС позволяют реализовывать все большее число функций ЦП в одной или нескольких больших интегральных схемах. При этом снижается время переключения элементов и выделяемая мощность. Перспективным в этом направлении является использование БИС, изготовляемых по КМДП-технологии. В последний период наблюдается тенденция переноса в микросистемы технических приемов повышения быстродействия и надежности работы, ранее свойственных только большим высокопроизводительным ЭВМ: конвейерный способ выполнения операций, быстродействующие буферные ОЗУ, включаемые между блоком обработки и основной оперативной памятью системы, встроенные средства контроля и диагностики. Реализация подобных решений повышает быстродействие центрального процессора до 3—10 млн. оп/с. Непрерывно совершенствуются и архитектурные характеристики ЦП, в частности оптимизируется система команд. При этом наблюдаются две основные тенденции. С одной стороны, это сокращение набора команд и времени их выполнения до одного или ограниченного числа циклов работы микропроцессора, а с другой стороны, перераспределение нагрузки с программных средств на аппаратные для достижения максимальной эффективности при их совместной работе.

Большое влияние на улучшение характеристик микроЭВМ оказывает повышение степени интеграции микросхем памяти. Если в самых распространенных моделях микроЭВМ семейства «Электроника 60» в основном применяются микросхемы памяти емкостью 4 или 16 К байт и только в последних — 64 К байт, то в перспективных моделях планируется использование БИС памяти емкостью 256 К байт, что позволит увеличить общую емкость оперативной и постоянной памяти микроЭВМ до 5—10 М байт. Так как при этом значительная часть исполняемой программы будет находиться в ОЗУ, то уменьшится число обращений к внешней памяти и повысится производительность системы. На это также направлено использование сверхоперативной буферной памяти, со-

держащей часто используемые команды и данные, а также опережающая выборка информации в блочном режиме.

Совершенствование элементной базы влияет на улучшение характеристик интерфейсных устройств. Повышается их функциональная сложность, в них вводятся средства «интеллектуализации», позволяющие разгружать центральный процессор от рутинной работы и выполнять необходимые преобразования данных, вызываемые разными формами их представления в процессоре и внешних устройствах. Большое значение имеет унификация интерфейсов внешних устройств, что позволяет подключать их к микроЭВМ через одинаковые интерфейсные модули, сокращая их номенклатуру, и увеличивать число каналов связи, реализуемых в пределах одного модуля. Так, на печатной плате размером 240×280 мм возможно разместить до восьми каналов последовательного интерфейса по типу СТЫК С2, что в многопользовательских системах позволит подключать к микроЭВМ через один интерфейсный модуль до восьми абонентских пультов.

Как уже отмечалось ранее, важным является включение в состав микроЭВМ и вычислительных комплексов, выполняемых на их основе, «микропериферии», т. е. внешних устройств, которые, обладая высокими техническими и функциональными характеристиками, имеют адекватные электронным блокам габаритные размеры, массу и потребляемую мощность. Примером этого может служить ПВК «Электроника МС 0585», который имеет встроенные запоминающие устройства на жестких и гибких магнитных дисках, компактную клавиатуру, видеомонитор и размещается на рабочем столе пользователя. Подобный подход будет применен и к компоновке моделей универсальных микроЭВМ. Емкость малогабаритных встраиваемых накопителей на магнитных дисках, как показала практика, может достигать 100 М байт и более. Для ввода и хранения копий программ наряду с накопителями на гибких дисках будут использованы малогабаритные кассетные накопители на магнитной ленте, емкость одной кассеты составит 50—100 М байт.

Совершенствование характеристик отдельных устройств обусловливает более рациональное и удобное с точки зрения эксплуатации и обслуживания объединение их в единой конструкции микроЭВМ: упрощается пульт управления микроЭВМ, функции которого передаются клавиатуре терминала; улучшается расположение отдель-

ных модулей, при котором достигается наиболее благоприятный тепловой режим работы, и упрощается доступ к ним при необходимости быстрой замены неисправных модулей на резервные, увеличивается число свободных мест для установки дополнительных функциональных модулей при изменении конфигурации системы. Для изготовления конструктивных деталей и корпусов предусматривается использование современных материалов и покрытий, в первую очередь пластмасс.

Одновременно с развитием технических средств микроЭВМ развивается и их программное обеспечение. Новые операционные системы, языки программирования и служебные программы призваны повысить эффективность использования ресурсов систем при разработке и исполнении прикладных программ, обеспечить новые возможности для расширения сферы применения микроЭВМ, упростить взаимодействие человека с машиной, повышая ее интеллектуальный уровень. Новые модели микроЭВМ семейства «Электроника 60» будут снабжаться программными и техническими средствами для подключения их к вычислительным сетям коллективного пользования. Это расширит их потенциальные возможности путем обеспечения доступа к мощным вычислительным ресурсам сетей.

Таким образом, развитие семейства микроЭВМ «Электроника 60» должно привести в соответствие с современными требованиями характеристики перспективных моделей микроЭВМ. Это необходимо для успешного решения проблем ускорения научно-технического прогресса.

Список литературы

1. *Алексеенко А. Г., Галицын А. А.* Микро-ЭВМ и особенности их организации. — М.: Машиностроение, 1983.
2. *Соучек Б.* Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Советское радио, 1979.
3. *Сингер М.* Мини-ЭВМ PDP-II. Программирование на языке ассемблера и организация машины. — М.: Мир, 1984.
4. *Фролов Г. И., Гембицкий Р. А.* Микропроцессоры. Автоматизированные системы контроля объектов. — М.: Высшая школа, 1984.
5. *Пархоменко П. И., Бражник В. П.* Унифицированный источник питания для 16-разрядных микро-ЭВМ. —Микропроцессорные средства и системы, 1985, № 1, с. 16—17.
6. *Лопатин В. С., Пархоменко П. И., Токмаков В. И.* Микро-ЭВМ «Электроника МС 1211», «Электроника МС 1212». — Микропроцессорные средства и системы, 1985, № 2, с. 14—16.
7. *Фокс Дж.* Программное обеспечение и его разработка. — М.: Мир, 1985.
8. Операционная система СМ ЭВМ РАФОС: Справочник / *Валикова Л. И., Вигдорчик Г. В., Воробьев А. Ю., Лукин А. А.* —М.: Финансы и статистика, 1984.
9. *Шаньгин В. Ф., Костин А. Е.* Микропроцессоры. Организация вычислительных процессов на микро-ЭВМ. . М.: Высшая школа, 1984.
10. Программное обеспечение СМ ЭВМ. Операционная система с разделением функций РАФОС. Введение в систему. Описание применения. Т. 1. Кн. 1, 1980.
11. *Экхауз Р., Моррис Л.* Мини-ЭВМ. Организация и программирование. — М.: Финансы и статистика, 1983.
12. *Вигдорчик Г. В., Воробьев А. Ю., Праченко В. Д.* Основы программирования на АССЕМБЛЕРЕ для СМ ЭВМ/Под общей редакцией *В. П. Семина.* — М.: Финансы и статистика, 1983.
13. *Сичановский Дж. У.* Программирование на МАКРО-II и организация PDP-II. — М.: Радио и связь, 1985.
14. *Громов Г. Р.* Национальные информационные ресурсы: Проблемы промышленной эксплуатации. — М.: Наука, 1985.

Оглавление

МикроЭВМ

В ВОСЬМИ КНИГАХ

ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ ТАЛОВ
АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ СОЛОВЬЕВ
ВАСИЛИЙ ДМИТРИЕВИЧ БОРИСЕНКОВ

КН. 1.

Семейство ЭВМ «Электроника 60»

Заведующая редакцией Н. И. Хрусталева
Редактор С.М. Оводова
Мл. редактор Г. Г. Бучина
Художник В. М. Боровков
Художественный редактор В. И. Мешалкин
Технический редактор Г. А. Фетисова
Корректор Г. И. Кострикова

ИБ № 7148

Изд. № СТД—571. Сдано в набор 22.05.87. Подп. в печать 22.09.87. Т—18491. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бум. офс. № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Объем 9,24 усл печ. л 18,9 усл. кр.-отт. 9,23 уч.-изд. л. Тираж 150 000 экз. Зак. № 622. Цена 60 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, ГСП-4, Неглинная ул., д. 29/14.

Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

В 1988—1989 гг. издательством будет выпущена серия пособий «Перспективы развития вычислительной техники» под редакцией лауреата Государственной премии СССР проф. Ю. М. Смирнова.

— Ломов Ю. С., Ораевский К. С., Заморин К. П. **Электронные вычислительные машины общего назначения,** 7 л.

Рассматриваются перспективы развития ЭВМ общего назначения, организация их внутренней структуры, принцип их работы и архитектура. Данный класс ВМ используется для решения широкого круга задач, таких как научно-технические, планово-экономические, задачи управления во всех областях народного хозяйства.

— Рябов Г. Г., Бабаян Б. А. **Многопроцессорные ЭВМ и методы их проектирования,** 7 л.

Излагаются основные архитектурные принципы современных многопроцессорных машин; вопросы аппаратной поддержки программирования на языках высокого уровня с целью повышения производительности эффективного программирования на машинах; основы автоматизации проектирования вычислительных машин. Отражается вклад отечественной науки в развитие современной информационной науки.

— Прохоров Н. Л., Песелев К. В. **Малые ЭВМ,** 7 л.

Излагаются основные сведения по архитектуре, системотехническим характеристикам, принципам комплексирования высоконадежных производительных вычислительных систем на базе малых ЭВМ. Анализируются перспективные направления развития наиболее массовых средств вычислительной техники.

— Смирнов Ю. М., Воробьев Г. Н. **Специализированные ЭВМ.** 7 л.

Рассматриваются особенности построения и применения специализированных ЭВМ. Анализируется современное состояние в области разработки и использования специализированных ЭВМ, уделяется внимание вопросам промышленной технологии создания программного обеспечения.

— Акинфиев А. Б., Миронцев В. И., Софийский Г. Д., Цыркин В. В. **Полупроводниковые запоминающие устройства,** 7 л.

Описываются основные принципы функционирования и проектирования полупроводниковых запоминающих устройств.

— Семенов Л. В., Абрамов В. Н., Арутюнов М. Г., Петров Г. Н. **Периферийное и терминальное оборудование ЭВМ,** 7 л.

Рассматривается периферийное и терминальное оборудование ЭВМ различных классов (ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ, персональных ЭВМ), а также состав, назначение, принцип действия, основные характеристики средств ввода — вывода и подготовка данных, перспективы их развития.

— Макурочкин В. Г. и др. **Внешние запоминающие устройства на магнитном носителе,** 7 л.

Показываются перспективы развития подсистем памяти на магнитных носителях, организации их внутренней структуры, принципов работы.

— Богданов В. М., Данилочкин В. Л., Овчинников Б. С. **Системы телеобработки и вычислительные сети,** 7 л.

Описываются технические (аппаратные) и программные средства вычислительной техники, ориентирование на построение систем телеобработки и вычислительных сетей, а также принципы взаимо-

действия этих средств в указанных системах и сетях.

— Марков А. С., Милов М. П., Пеледов Г. В. **Программное обеспечение ЭВМ,** 7 л.

Описывается современное состояние общественного программного обеспечения, главным образом для вычислительных машин единой серии.

— Кузин Е. С., Ройтман А. И., Фоминых И. Б., Хахалин Г. К. **Интеллектуализация ЭВМ.,** 7 л.

Рассматриваются перспективные средства интеллектуализации ВМ, излагаются ее основные направления, различные пути создания средств интеллектуализации, даются примеры задач, решаемых при помощи таких средств.

— Соломатин Н. М. **Информационные семантические системы,** 7 л.

Приводятся основы теории информационных семантических (смысловых) систем, специфической особенностью которых является автоматизированная переработка семантической информации. В указанных системах ЭВМ является «партнером» человека, т. е. ЭВМ способна генерировать, воспринимать, понимать и перерабатывать семантическую операцию.

60 коп.

СЕРИЯ КНИГ

ИЗДАТЕЛЬСТВО "ВЫСШАЯ ШКОЛА"

1 Семейство ЭВМ «Электроника 60»

2 Персональные ЭВМ

3 Семейство ЭВМ «Электроника К1»

4 Управляющие системы «Электроника НЦ»

5 Персонально-профессиональные ЭВМ

6 Универсальные машины семейства СМ 1800

7 Учебные стенды

8 МикроЭВМ в учебных заведениях

